

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI

INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS – IRN

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E RECURSOS
HÍDRICOS - MEMARH**

**A DESCARGA DA SARDINHA-VERDADEIRA (*SARDINELLA
BRASILIENSIS*) NO SUL E SUDESTE DO BRASIL E SUAS
RELAÇÕES COM A TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR E
EVENTOS DE EL NIÑO E LA NIÑA**

LEONARDO MARTÍ

Itajubá, junho de 2012.

LEONARDO MARTÍ

**A DESCARGA DA SARDINHA-VERDADEIRA (*SARDINELLA
BRASILIENSIS*) NO SUL E SUDESTE DO BRASIL E SUAS
RELAÇÕES COM A TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR E
EVENTOS DE EL NIÑO E LA NIÑA**

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Itajubá, como parte das
exigências do Programa de Mestrado em
Meio ambiente e Recursos Hídricos, para
a obtenção do título de Mestre em Meio
Ambiente e Recursos Hídricos.**

**Orientador: Dr. Marcos Eduardo
Cordeiro Bernardes**

ITAJUBÁ – MG

2012

AGRADECIMENTOS

A todo pessoal da UNIFEI e MEMARH pela oportunidade de desenvolvimento pessoal e acadêmico.

A toda minha família e amigos, por tudo que me ensinaram e me ajudaram quando preciso. Em especial minha mãe Mireza e minha namorada Aline por toda paciência e calma que me foi passada.

Ao professor, orientador e, sobretudo amigo Marcos Bernardes, assim como sua esposa Caína e sua filha Flora, que com certeza não me esquecerei de toda ajuda e carinho que me deram nessa fase.

Às pessoas que colaboraram para a realização deste trabalho; Venâncio Azevedo e Antonio Olinto do Instituto de Pesca de São Paulo, como também Gustavo Ortiz do CPTEC/INPE.

Ao Projeto RedeLitoral, pela grande oportunidade de participação e contatos nele realizado.

A CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa.

RESUMO

A sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é um dos mais importantes recursos pesqueiros do Brasil, e tem sua área de ocorrência confinada à Plataforma Continental Sul-Sudeste Brasileira (PCSSB). Essa espécie, assim como sua pesca, sofre impactos naturais e de origem antrópica de diversas naturezas. Este trabalho tem como objetivo comparar as séries temporais da descarga dessa espécie em sua área de ocorrência, com dados de Temperatura Superficial do Mar (TSM e suas respectivas anomalias – ATSM) em anos de ocorrência de eventos ENOS (El Niño de Oscilação Sul, como períodos de “El Niño” e “La Niña”). Foram coletados dados entre o período de 1964 a 2010 para a descarga dessa espécie em sua área de ocorrência, como também séries mensais de janeiro de 1998 a dezembro de 2010, esta exclusivamente para o estado de São Paulo. Além da análise das séries históricas de descarga da espécie, variáveis oceanográficas como a TSM (Projeto *Pathfinder*), entre os anos de 1985 a 2010 e o períodos de ocorrência de El Niño e La Niña através do Índice Oceânico El Niño (ONI / NOAA), entre 1964 e 2010, foram consideradas. Quando possível, também foram incorporadas variáveis como tamanho da frota autorizada a pescar a sardinha-verdadeira, assim como uma revisão geral sobre o marco legal do setor. A descarga da espécie apresentou seu ápice no ano de 1973 (em torno de 230.000 toneladas) e seu mínimo ocorreu em 2000 (17.000 toneladas). Observou-se uma tendência geral de declínio na descarga dessa espécie ao longo do período analisado. Apesar da “curta” duração (46 anos, de 1964 a 2010) dos dados de descarga, sugere-se a possibilidade da presença de oscilações de ordem pouco superior a decadal nas variações temporais de descarga de sardinha-verdadeira. Essa hipótese é levantada a partir dos picos de descarga da sardinha-verdadeira nos anos de 1973, 1986, 1997 e 2009. Entretanto, a validade desse modelo e os mecanismos causadores dessa oscilação ainda precisam ser melhor esclarecidos. A TSM para esta área apresentou uma tendência de elevação média a uma taxa de 0,3 °C/década. Também se observou um aumento na amplitude térmica entre as TSM mínimas, médias e máximas, o que suscita questões relacionadas à ecologia da espécie: a sardinha-verdadeira se adaptará a essas novas condições térmicas ou migrará para ambientes cujas temperaturas sejam mais “adequadas”? Não foram observadas correlações estatísticas significativas entre as variáveis analisadas no presente trabalho, o que reforça a necessidade de coleta permanente de dados – inclusive para verificação das hipóteses levantadas, assim como de análises multivariadas entre fatores ambientais, sociais, econômicos e político-institucionais.

ABSTRACT

The ‘true’ sardine (*Sardinella brasiliensis*) is one of the most important fishing resources of Brazil and its distribution area is confined to the South-Southeast Brazilian Continental Shelf. This species, and its catch, is influenced by a series of natural and human impacts. This work aims to compare annual series of catch of this species between 1964 and 2010 for the whole area and monthly series of catch for Sao Paulo state (1998 – 2010), with Superficial Sea Temperature (SST and its anomalies, ASST; 1985 - 2010) during ENOS (El Niño Southern Oscillation; 1964 - 2010) events. Historical series of catch of this species, SST (Pathfinder Project) and ENOS events, determined through the Oceanic Nino Index (ONI/NOAA), were compared. When possible, other factors such as the fishing fleet properties and regulatory policies, were taken into account in this work. The maximum of ‘true’-sardine catch was obtained in 1973 (total catch of approximately 230,000 tons), whilst its minimum occurred in 2000 (17,000 tons). A long-term trend decline on catch estimates was observed. Despite the ‘short’-term catch time series (i.e. 46 years, from 1964 to 2010), it is suggested that a quasi-decadal oscillation seems to influence sardine capture on the study area. This hypothesis is supported by the peaks on sardine catches during the years of 1973, 1986, 1997 and 2009. However, the mechanisms and validity of this model should be addressed in future studies. A linear trend of increase at a rate of about 0.3 °C/decade was estimated for the TSM data. It was also observed an increase in average minimum, medium and maximum SST values, what leads to questions related to the sardine ecological strategies: would they adapt themselves to this temperature field or would they rather migrate to areas with a more ‘adequate’ temperature distribution? Moreover, there were no significant statistical evidences to support a correlation between the data considered in this work. This reinforces the need of a permanent effort towards monitoring ‘true-sardine’ stocks – as a way to a sounder understanding on this species life cycle and to test the proposed hypothesis, along with multivariate analyses on environmental, social, economic and political/institutional aspects.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Variação dos estoques pesqueiros mundiais a partir da captura total, biomassa total, tamanho médio e número de espécies com exploração em colapso em função da taxa de exploração do recurso. Fonte: Worm *et al.* (2009).....2
- Figura 2:** Evolução dos totais anuais da captura da Sardinha-verdadeira durante o período de 1950 a 2010. Fonte: FAO, 2005.....4
- Figura 3:** Sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*). Fonte: Pinaya (2008).....6
- Figura 4:** Fisiografia da Plataforma Continental Sul-Sudeste Brasileira (PCSSB; profundidades em m) e área de ocorrência da sardinha-verdadeira. Fonte: Giglioti (2009).....7
- Figura 5:** Ciclo de vida da Sardinha-verdadeira. Fonte: Soares (2009).....8
- Figura 6:** Áreas de distribuição, pesca e desova da sardinha-verdadeira sobre a área da PCSSB. Fonte: Castello (2006).....9
- Figura 7:** Fotos ilustrativas da pesca com tarrafa e cerco flutuante (acima) e rede de cerco em traineiras.....13
- Figura 8:** Relação de barcos legalmente permissionados para a pesca de cerco da sardinha-verdadeira durante o período de 1980 a 2010. Fonte: IBAMA (2011).....14
- Figura 9:** Exemplo de médias mensais de TSM da série *Pathfinder* (sensor AVHRR) para a região da Baía de Santos, em fevereiro de 1997 e em julho de 1992, respectivamente. Fonte: Ortiz (com. pessoal).....19
- Figura 10:** Médias climatológicas de TSM (°C) para fevereiro (esq.) e agosto (dir.) no litoral do RJ (caixa ao norte) e de SC (caixa ao sul) do programa “*Pathfinder*” calculadas entre 1985 e 2004. Fonte: Paes *et al.* (2007).....20
- Figura 11:** Fluxograma esquemático dos procedimentos metodológicos gerais empregados neste trabalho.....22
- Figura 12:** Localização da área de estudo e litoral de São Paulo.....23
- Figura 13:** Fluxograma do processo de seleção dos dados de TSM.....25
- Figura 14:** Série temporal do índice ONI (linha contínua) representativo dos fenômenos ENOS para o período de janeiro de 1964 a dezembro de 2010, com eventos El Niño (faixas vermelhas) e La Niña (faixas azuis).....27

Figura 15: Valores totais da descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira para sua área em ocorrência na PCSSB durante o período de 1964 a 2009.....	29
Figura 16: Representatividade, em porcentagem, da descarga total dos estados que abrangem a área de ocorrência da Sardinha-verdadeira, entre os anos de 1964 a 2010.....	31
Figura 17: Valores de descarga (mil ton.) para os estados de Santa Catarina (a.), Rio de Janeiro (b.) e São Paulo (c.), durante o período de 1964 a 2010.....	33
Figura 11: Médias anuais de descarga (mil ton.) da sardinha verdadeira no litoral de São Paulo entre os anos de 1998 a 2010.....	34
Figura 12: Valores de descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira, número de embarcações permissionadas e marcos legais, a partir dos anos que entraram em vigor, para a pesca da espécie.....	35
Figura 3: Médias anuais de ATSM (°C) registrados dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB.....	37
Figura 21: TSM (°C) anuais máximas, médias e mínimas registradas dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB.....	38
Figura 22: Médias mensais de TSM (°C) para a área de estudo durante o período de 1985 a 2010.....	39
Figura 23: Médias anuais de ATSM (°C) registrados dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB.....	40
Figura 24: Médias mensais de ATSM (°C) registrados dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB durante os anos de 1985 a 2010.....	41
Figura 45: Valores das médias de TSM (°C) para a região do litoral de São Paulo durante o período de 1998 a 2010.....	41
Figura 26: Médias (°C) anuais dos desvios padrão durante o período de 1998 a 2010, para as TSM ao largo do litoral de São Paulo.....	42
Figura 27: Médias mensais de TSM (°C) para o litoral de São Paulo de 1998 a 2010.....	43
Figura 58: Valores médios de ATSM (°C) para o litoral de São Paulo durante o período de 1998 a 2010.....	44
Figura 29: Médias mensais de ATSM (°C) para o litoral de São Paulo durante os anos de 1998 a 2010.....	44
Figura 30: Valores de descarga da sardinha-verdadeira (mil ton.) e anos de ocorrência de eventos El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis) para o período de 1964 a 2010, com base na classificação ONI. Círculos pontilhados representam recordes de descarga de sardinha-verdadeira.....	45

Figura 31: Valores de descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira para os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina e anos de ocorrência de fenômenos El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis).....47

Figura 6: Valores de descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira para o estado de São Paulo e anos de ocorrência de fenômenos El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis) para o período de 1998 a 2010.....49

Figura 33: Valores máximos de ATSM (°C) (linhas) e períodos de El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis). O gráfico superior representa valores de ATSM para a região NINO 3.4 no Oceano Pacífico e o gráfico inferior valores de ATSM para a área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB durante o período de 1985 a 2010. Círculos pontilhados representam ATSM de El Niño (pretos) La Niña (azuis).....50

Figura 7: Valores máximos de ATSM (°C) (linhas) e períodos de El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis). O gráfico superior representa valores de ATSM para a região NINO 3.4 no Oceano Pacífico e o gráfico inferior valores de ATSM para a área do estado de São Paulo durante o período de 1998 a 2010.....52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Normas, portarias e Instruções Normativas referentes à pesca da sardinha-verdadeira.....	15
Tabela 2: Especificações dos dados iniciais de TSM obtidos para este estudo.....	25
Tabela 3: Anos de ocorrência de fenômenos El Niño e La Niña e suas intensidades, de acordo com a classificação do CPTEC/INPE.....	26
Tabela 4: Fenômenos El Niño e La Niña medidos pela ONI/NOAA entre o período de janeiro de 1964 a dezembro de 2010.....	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Água Costeira
ACAS	Água Central do Atlântico Sul
AT	Água Tropical
ATSM	Anomalia da Temperatura Superficial do Mar
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
BSB	Bacia Sudeste do Brasil
CB	Corrente do Brasil
CBM	Confluência Brasil-Malvinas
CM	Corrente das Malvinas
ENOS	El Niño de Oscilação Sul
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
LN.	Instruções Normativas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
MPA	Ministério de Pesca e Aquicultura
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NODC	<i>National Oceanographic Data Center</i>
ONI	<i>Oceanic Nino Index</i>
PCSSB	Plataforma Continental Sul Sudeste Brasileira
REVIZEE	Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva Brasileira
TSM	Temperatura Superficial do Mar
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí (SC)

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ASPECTOS GERAIS.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1. Objetivo Geral.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1. SARDINHA-VERDADEIRA (<i>Sardinella brasiliensis</i>).....	6
2.1.1. A pesca da sardinha-verdadeira.....	11
2.1.2 Artes de pesca.....	12
2.2. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS DA PLATAFORMA CONTINENTAL SUL SUDESTE BRASILEIRA.....	15
2.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR (TSM).....	18

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1. DADOS DE DESCARGA DA SARDINHA-VERDADEIRA (<i>Sardinella brasiliensis</i>).....	22
3.2. DADOS DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR (TSM).....	24
3.3. ÍNDICES OCEÂNICOS (ENOS).....	26

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1. DESCARGA DA SARDINHA-VERDADEIRA (<i>Sardinella brasiliensis</i>).....	29
4.1.1. Descarga da Sardinha-verdadeira (<i>Sardinella brasiliensis</i>) no litoral de São Paulo.....	34
4.2. TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR (TSM).....	36
4.2.1. Anomalias da Temperatura Superficial do Mar (ATSM).....	39
4.2.2.1. Temperatura Superficial do Mar (TSM) no litoral do estado de São Paulo.....	41
4.2.2.2. Anomalia da Temperatura Superficial do Mar (ATSM) no litoral do estado de São Paulo.....	43
4.3. DESCARGAS DA SARDINHA-VERDADEIRA E EVENTOS ENOS...45	
4.3.1. Descarga da sardinha-verdadeira e eventos ENOS no litoral do estado de São Paulo.....	49
4.4. ATSM E EVENTOS ENOS.....	50
4.4.1. ATSM registradas no estado de São Paulo e eventos ENOS.....	51

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. ASPECTOS GERAIS

Os ambientes marinhos abrigam grande parte da biodiversidade existente no planeta, além de serem grande armazenadores de calor, gases e água. Por esta razão, o seu melhor conhecimento acaba por contribuir no entendimento da influência dos oceanos nas variações do clima, assim como no comportamento dos processos oceanográficos e suas relações com os recursos pesqueiros.

A importância das atividades pesqueiras em um país, não pode ser medida apenas pela sua contribuição na economia, e deve atender ao fato de serem os recursos e os produtos pesqueiros componentes fundamentais na alimentação e na geração de trabalho e renda. Por ser uma atividade extrativista, deve ser feita de forma sustentável, respeitando suas regras naturais e biológicas.

Outro aspecto que torna os recursos pesqueiros importantes é o seu caráter auto-renovável, o que significa que se esse recurso, se for bem gerido, sua duração será praticamente ilimitada, diferente do que sucede, por exemplo, com os recursos minerais (CADIMA, 2000). Por outro lado, a capacidade de reposição desses estoques está sujeitas a forma como é realizada a sua gestão e exploração, além de inúmeras variáveis ambientais que não podem ser controladas pelo homem.

Por meio de técnicas tradicionais, a administração pesqueira tem se mostrado insuficiente para evitar a sobreexploração – ou seja, a exploração do recurso a uma taxa superior a de reposição do mesmo, como também a queda no rendimento das pescarias, o fracasso desses procedimentos é evidente na maior parte dos ambientes marinhos do Brasil e em outras partes do mundo (AMARAL e JABLONSKI, 2005).

Assim, medidas apropriadas de conservação e gestão dos recursos pesqueiros foram sugeridas por Cergole *et al.* (2005) a fim de restabelecer os estoques das espécies ameaçadas pela sobreexploração, assim como a otimização dos esforços de captura de modo que se

produza o rendimento máximo desses recursos da forma mais sustentável possível, sob o ponto de vista ecológico, social e econômico.

Diferentes fatores acabam por colaborar na diminuição da captura dos recursos pesqueiros a nível mundial, como por exemplo, fatores climáticos e antrópicos que acabam por influenciar diretamente nos processos biológicos das espécies comercialmente exploradas. Assim, além de alterações no ciclo de vida, e habitat natural dessas espécies, ou mesmo, de distúrbios na temperatura da superfície do mar (TSM); aumento da precipitação ou seca no continente, podem ocorrer modificações de diferentes parâmetros oceanográficos em regiões como desembocadura de rios e lagos, dentre outros.

Atualmente a diminuição da captura de pescado, assim como a respectiva diminuição da biomassa total e do tamanho médio das espécies, vem sofrendo um decréscimo contínuo na maior parte das regiões do planeta, inclusive com aumento de espécies com exploração comercial comprometida, como é observado na Figura 1 (WORM *et al.*, 2009).

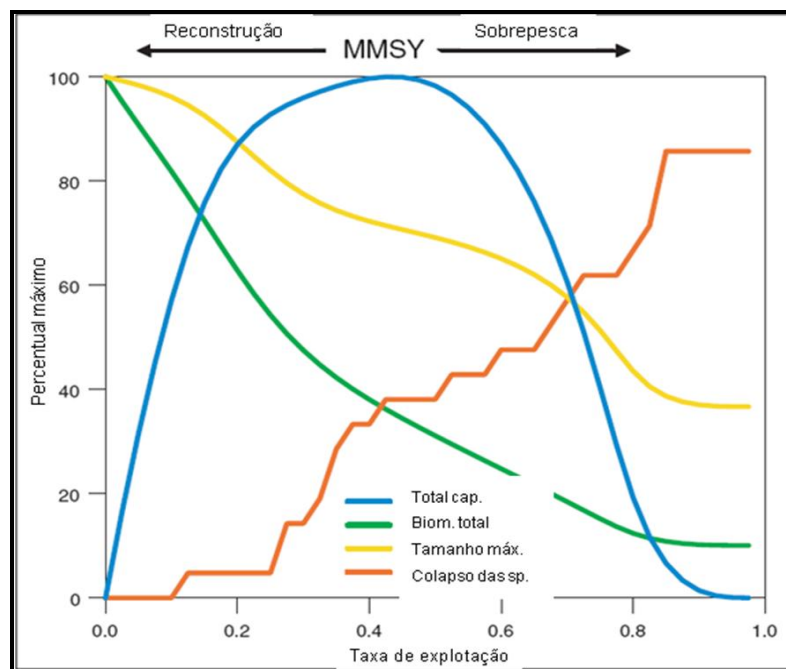


Figura 8: Variação dos estoques pesqueiros mundiais a partir da captura total, biomassa total, tamanho médio e número de espécies com exploração em colapso em função da taxa de exploração do recurso. Fonte: Worm *et al.* (2009).

Segundo Govoni (2005), os avanços dos fundamentos da ecologia através do século XX demonstraram que existe uma complexa interação entre a variabilidade das condições

oceânicas e as respostas biológicas, que acabam por serem responsáveis pela manutenção do ecossistema marinho.

Os dados disponíveis da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) até o ano de 2000, sobre o volume relativo de descarga das 16 regiões estatísticas da FAO indicam que em 1998 quatro delas (Oceano Índico Oriental e Oceano Pacífico Noroeste, Sul Ocidental e Centro Oriental) já alcançaram seus máximos níveis históricos de produção. Esse comportamento deve-se, em parte, às oscilações naturais na produtividade, provocados pelos fenômenos ENOS (El Niño de Oscilação Sul). Já os valores mais baixos podem indicar que uma grande proporção dos recursos está submetida à sobreexploração dos recursos pesqueiros (FAO, 2000).

A maior parte do decréscimo das descargas mundiais da pesca marítima pode ser atribuída às quedas de produção registradas no Pacífico Sul Oriental, onde foram mais graves os efeitos do fenômeno El Niño, entre 1997 e 1998. Nessa região, a captura de pescado baixou de 17,1 milhões de toneladas, em 1996, para 14,4 milhões de toneladas, em 1997. Em 1998 registrou-se um decréscimo ainda mais relevante: uma produção de 8 milhões de toneladas (DIAS-NETO, 2002).

Segundo Katsuragawa *et al.* (2006) a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) é considerada a espécie de peixe mais abundante e um dos recursos pesqueiros marinhos mais importantes para o Brasil, e suas flutuações naturais estão intimamente relacionadas à dinâmica da interação entre os componentes biológicos e oceanográficos, bem como às formas de manejo dessa pescaria.

Tais oscilações na captura desta espécie podem ser atribuídas a vários fatores, tais como: superexploração do recurso; aumento do número de embarcações que atuam nesta modalidade; pesca em época de reprodução (defeso) do organismo; eventos meteoceanográficos, mudanças climáticas, dentre outros efeitos, como os de origem biológica.

Bakun (1998) definiu a existência de três fatores determinantes para as variações das populações de peixes como a sardinha-verdadeira: o enriquecimento do local (isto é, maior disponibilidade de alimentos, maior produção), os processos que levam a sua concentração, além dos processos de retenção dos alimentos, ovos e larvas dentro do habitat da espécie.

Rossi-Wongtschowski *et al.* (1995), em estudos sobre as flutuações sobre os estoques da sardinha-verdadeira, propõem que estas poderiam estar relacionadas com eventos físicos de grande escala como, por exemplo, ENOS. Já Matsuura (1998) indica que após a década de 1970, as variações na captura desta espécie podem estar relacionadas com variações no recrutamento, resultantes de anomalias oceanográficas de baixa frequência (condições atmosféricas e oceânicas regionais).

No Brasil, a exploração dessa espécie teve início em escala industrial no final da década de 1960 e se desenvolveu rapidamente até 1973, quando atingiu um montante recorde de 223 mil toneladas anuais. Na década de 1980, sua captura baixou para um patamar de 100 - 155 mil toneladas e, de acordo com IBAMA (2008), no final dos anos 1990, atingiu o menor valor da história desta pescaria, aproximadamente 17 mil toneladas anuais (GEP, 2006). Como ocorre com a maior parte dos recursos pesqueiros no Brasil e no mundo, os valores de descarga da sardinha-verdadeira vêm sofrendo um declínio contínuo durante os anos de exploração (Figura 2).

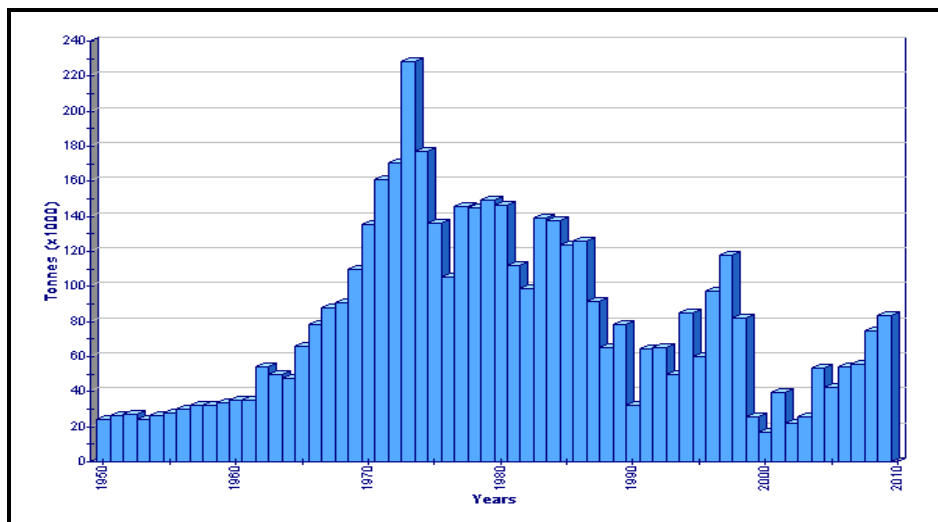


Figura 9: Evolução dos totais anuais da captura da Sardinha-verdadeira, no Oceano Atlântico Oeste, entre 1950 a 2010.

Fonte: *Food and Agriculture Administration of the United Nations* (FAO, 2005).

Sabe-se que uma parcela considerável, em torno de 63% das variações intra e interanual dos desembarques de sardinha-verdadeira, podem ser explicadas pelas variações na TSM e suas anomalias (ATSM), ou seja, alterações em torno dos valores médios, uma vez

que, foram verificadas correlações significativas entre tais séries de dados nas regiões ao norte (Rio de Janeiro) e ao sul (Santa Catarina) da Plataforma Continental Sul Sudeste Brasileira (PCSSB), a partir de imagens de satélite (PAES *et al.*, 2007).

1.2. OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

Neste trabalho, parte-se da premissa de que os anos de ocorrência dos fenômenos ENOS considerados de forte intensidade (quando positivos são chamados El Niño e quando negativos de La Niña), causam impactos no ciclo reprodutivo da sardinha-verdadeira e, por consequência, interferem na disponibilidade desse recurso para a pesca dentre uma série de outros fatores naturais e de origem antrópica. Assim, o objetivo geral deste trabalho é verificar as possíveis inter-relações entre a ATSM na PCSSB, eventos ENOS e a descarga dessa espécie ao longo da plataforma continental sul-sudeste do Brasil entre os anos de 1964 a 2010.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analisar as séries históricas de produção e descarga da sardinha-verdadeira na área de estudo selecionada;
- Analisar os padrões de variabilidade da ATSM na PCSSB, sob condições climatológicas “normais” e durante os eventos ENOS;
- Verificar possíveis correlações entre os padrões de ATSM, eventos ENOS e a descarga desta espécie;
- Comparar séries anuais de descarga, de ATSM e de eventos ENOS para a PCSSB e séries mensais dessas variáveis para o Estado de São Paulo.

A organização deste trabalho está dividida em capítulos: em seguida, será, apresenta a fundamentação teórica (Capítulo 2), nessa sessão, são abordas as características relativas à região geográfica de ocorrência da sardinha-verdadeira, assim como características da espécie e uma abordagem de aspectos físicos. Já no Capítulo 3, será abordada a metodologia aplicada neste trabalho, enquanto no Capítulo 4 são apresentados e analisados os resultados obtidos. Para concluir, no Capítulo 5, serão abordadas as conclusões e sugestões de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SARDINHA-VERDADEIRA (*Sardinella brasiliensis*)

A sardinha-verdadeira (Figura 3) é uma espécie de peixe pelágico subtropical de hábitos costeiros, pertencente à família Clupeidae. Segundo Matsuura (1983), esta espécie ocorre na PCSSB, estando compreendida entre os estados do Rio de Janeiro (Cabo de São Tomé - 22°S) e Santa Catarina (um pouco ao sul do Cabo de Santa Marta Grande - 28°S), em profundidades de até 200 m (SACCARDO e ROSSI-WONGTSCHOWSKI,1991).



Figura 10: Sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*)
Fonte: Pinaya (2008).

A disponibilidade da sardinha-verdadeira para a pesca é caracterizada por grandes flutuações na biomassa, sendo assim, as capturas deste recurso variam de ano para ano não obedecendo a padrões definidos (CERGOLE, 1995). Foi considerada a principal espécie capturada pela frota pesqueira comercial a partir da segunda metade do século XX, quando o estado do Rio de Janeiro contribuiu com até 60% do desembarque total desta espécie na década de 1970. Na década seguinte, o estado de São Paulo se destacou no desembarque industrial da sardinha-verdadeira, mas esses valores foram significativamente reduzidos na década de 1990 (CERGOLE *et al.*, 2005).

Tal fato está relacionado, principalmente, às oscilações verificadas na estrutura oceanográfica, como a TSM e suas anomalias, que podem determinar pronunciados deslocamentos dos cardumes, mantendo-se ou não disponíveis à frota pesqueira comercial, em uma determinada área (CERGOLE, 1993).

A Figura 4 nos mostra a PCSSB e a área de ocorrência da sardinha-verdadeira. Esta plataforma é considerada como um ecossistema semi-fechado de mesoescala, como também um dos mais produtivos da costa brasileira (PAES E ROSSI-WONGTSHOWSKI, 1997). A sardinha-verdadeira é a espécie de maior biomassa desse ecossistema e sua única população é confinada em seus domínios (MATSUURA, 1996). Suas flutuações naturais estão relacionadas à dinâmica de interações entre os componentes biológicos e oceanográficos, assim como também às formas de manejo de sua pescaria.

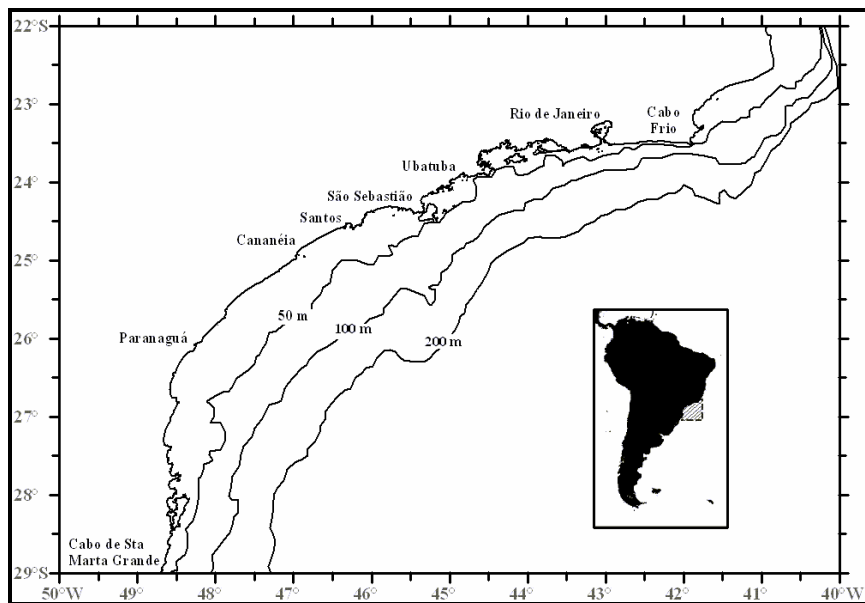


Figura 11: Fisiografia da Plataforma Continental Sul-Sudeste Brasileira (PCSSB; profundidades em m) e área de ocorrência da sardinha-verdadeira. Fonte: Giglioti (2009).

Segundo Cergole *et al.* (2005) a redução do estoque da sardinha-verdadeira observada nos anos mais recentes, indica que a viabilidade comercial desta pescaria está comprometida na Bacia Sudeste do Brasil (BSB), pois esta espécie possui grande sensibilidade as variações ambientais, situação que é agravada com o intenso esforço de pesca, o que pode resultar na redução do estoque capturado.

Saccardo e Rossi-Wongtschowski (1991), analisando o ciclo reprodutivo da sardinha-verdadeira (Figura 5) indicaram a existência de pelo menos mais de um grupo dentro da espécie ao longo de sua área de distribuição. Segundo Kurtz (1999), seu hábito alimentar, é predominantemente planctofágico, com sua dieta composta em sua maioria de fitoplâncton, copépodos e ovos de invertebrados. Seu ciclo de vida é curto, com uma longevidade que não

ultrapassa quatro anos e indivíduos com tamanho máximo de 270 mm (CERGOLE e VALENTINI, 1994).



Figura 12: Ciclo de vida da Sardinha-verdadeira. Fonte: Soares (2009).

O período de desova ocorre durante a primavera e verão, principalmente durante os meses de dezembro e janeiro, quando são encontrados grandes números de ovos e larvas. Estas desovas ocorrem em uma região em que a temperatura do oceano se torna relativamente homogênea (entre 22 e 26°C), região também conhecida como camada de mistura superficial do oceano, entre as isóbatas de 15 e 50 m (MATSUURA, 1983). O tamanho médio dos ovos é de cerca de 1,20 mm, podendo variar de 1 a 1,40 mm (SACCARDO e ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 1991).

Segundo Matsuura (1998), as desovas ocorrem durante o período da noite, com tempo médio de eclosão de aproximadamente 19 horas em temperatura de 24 °C. A maior densidade de ovos é encontrada na região costeira, até 20 milhas náuticas, enquanto que a maior concentração de larvas é geralmente observada desde a região costeira até próximo à margem da plataforma continental. Este local varia anualmente, concentrando-se na região da Ilha Grande de São Sebastião (RJ) e entre Paranaguá (PR) e Florianópolis (SC).

Matsuura (1998) também analisou a localização das áreas de desova da sardinha-verdadeira, sempre na época de maior ocorrência, dezembro a janeiro, e concluiu que existem variações interanuais também na localização destas desovas, como observado na Figura 6.

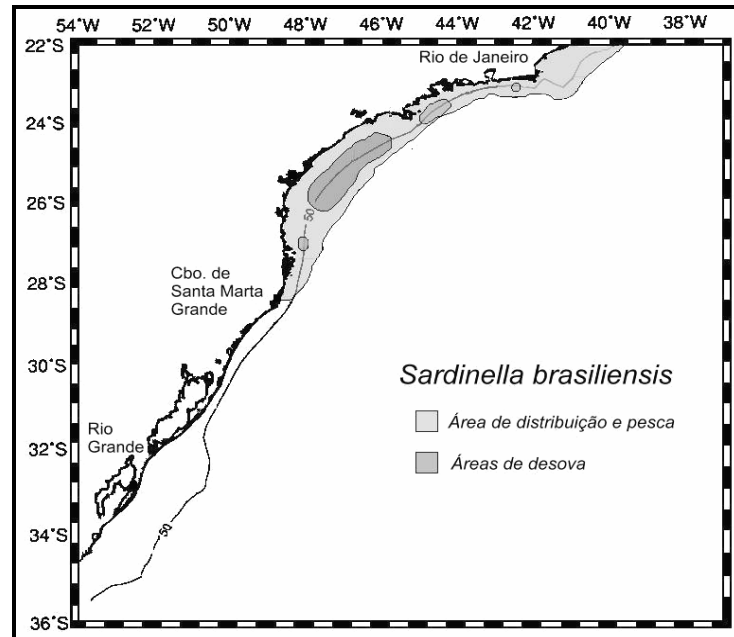


Figura 13: Áreas de distribuição, pesca e desova da sardinha-verdadeira sobre a área da PCSSB. Fonte: Castello (2006).

O estágio larval abrange exemplares planctônicos entre 3,5 e 19 mm de comprimento-padrão (se inicia no focinho indo até a última vértebra). O tamanho de 19 mm, em que ocorre considerável mudança nas proporções corporais, é considerado como o fim do estágio larval e, após esse comprimento, inicia-se o estágio pré-juvenil no qual atinge um tamanho de até 30 mm, e com 45 dias, os juvenis já podem medir até 40 mm (YONEDA, 1987). A primeira maturação ocorre aproximadamente no primeiro ano de vida, em indivíduos entre 160 mm e 170 mm de comprimento (SACCARDO e ROSSIWONGTSCHOWSKI, 1991), com maior recrutamento percentual no mês de julho.

Segundo Schwartzlose *et al.* (1999), o processo de recrutamento biológico, ou o repovoamento da sardinha-verdadeira ocorre quando os juvenis desta espécie, com cerca de meio ano de vida e aproximadamente 90 mm de comprimento, deslocam-se em sentido ao mar aberto para incorporarem-se ao cardume de peixes adultos. Isso ocorre entre os meses de abril, maio ou junho, dependendo do início da desova. Matsuura (1986) cita que as sardinhas

que desovaram no início do ano atingem a fase adulta ao completarem um ano de vida e pelo menos uma parte desses indivíduos contribui para uma nova desova.

A sardinha-verdadeira, por ser um animal de vida relativamente curta, a sua fase de recrutamento está intimamente ligada à sustentação de sua população, na qual episódios de eventos ambientais funcionam como um mecanismo de fertilização das águas, alterando a intensidade das desovas, a sobrevivência larval e o recrutamento desta espécie (SCHWARTZLOSE *et al.*, 1999).

Diferentes fatores acabam por ocasionar pressões sobre os estoques da sardinha-verdadeira, tais como: I - Inibição: podendo ser uma das maiores causas da mortalidade de larvas de peixes, podendo provocar alterações anuais significativas nas taxas de recrutamento dos estoques explorados, uma vez que, quando fisicamente debilitadas as larvas acabam se tornando mais vulneráveis (DIAS, 1995; LOPES *et al.*, 2006); II - Morte por predação: uma vez que a sardinha é um recurso de base de cadeia trófica, possui um importante papel trófico para diferentes consumidores do ecossistema, inclusive para espécies de interesse comercial (GASALLA, 2004); III – Isca-viva: o uso de isca-viva para a captura de espécies como o atum e o bonito-listrado utilizam juvenis de sardinha como isca, fazendo com que o sucesso da captura dessas espécies dependa de uma relação positiva entre a isca utilizada, no caso a sardinha, com a espécie-alvo. Essa pescaria encontra-se ameaçada não pela limitação da espécie-alvo, mas sim pela disponibilidade de isca (atualmente a demanda de sardinha utilizada como isca é de aproximadamente 800 ton./ano; SANTOS, 2005); IV – Poluição e outras formas de destruição do habitat: sabe-se que esses fatores podem acabar por interferir sobre todo o ecossistema aquático. Embora a sardinha, pela sua mobilidade, distribuição e desova possua grande distribuição temporal, provavelmente não tenha esses fatores como uma importante pressão sobre o estoque. Outro fator de pressão pode estar relacionado com: V – Mudanças climáticas (IBAMA, 2011).

A relação entre as flutuações nas capturas do estoque da sardinha-verdadeira com mudanças climáticas em escala global foram sugeridas por alguns autores (ROSSI-WONGTSCHOWSKI *et al.*, 1996), a exemplo de flutuações observadas na pesca de outros estoques de clupeídeos, como a sardinha-verdadeira (Japão, Califórnia, Peru, Chile).

Entretanto, Matsuura (1996; 1999) cita que as variações no tamanho da população no Atlântico Sudoeste são afetadas por variações no recrutamento relacionadas a condições

atmosféricas e oceânicas regionais (e não globais). Para outros autores, não foi possível estabelecer uma relação de causa e efeito diretos na avaliação do índice que indicaria a ocorrência de fenômenos ENOS e a TSM na região do Atlântico Sudoeste (TASCETTO e WAINER, 1999; CLAUZET e WAINER, 1999).

Em Kyiuna e Assumpção (2001), foram estudados os fatores determinantes de oferta e demanda para a sardinha por meio do uso de indicadores (*proxies*) para as adversidades climáticas nas ocorrências fortes e moderadas dos fenômenos El Niño e La Niña. Conforme descrito em Vicente *et al.* (2004) observou-se que essas adversidades apresentaram coerência nos sinais, sendo que nos meses em que essa influência foi registrada sofreram, em média, declínio de 1.920 t pela influência de El Niño e de aproximadamente 4.080 toneladas para La Niña, na quantidade de sardinha capturada. A influência dessas variáveis pode estar relacionada com a interferência na reprodução e no recrutamento biológico da espécie. Eventos de El Niño, pelas suas características, interfeririam no pico de reprodução da espécie, que é no verão, enquanto eventos de La Niña modificam principalmente as condições climáticas de inverno, com implicações no recrutamento biológico da espécie (IBAMA, 2011).

2.1.1. A pesca da sardinha-verdadeira

As regiões de pesca da sardinha-verdadeira ficam restritas a sua área de ocorrência em uma profundidade de até 70 m e uma distância de até 30 milhas da costa, havendo registros de ocorrência a 100 m de profundidade (SACCARDO e ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 1991). A partir da relação, principalmente das oscilações verificadas na estrutura oceanográfica, podem se determinar pronunciados deslocamentos dos cardumes, mantendo-se ou não disponíveis a frota pesqueira comercial em determinada área. Isso acaba fazendo com que a disponibilidade da pesca varie anualmente, e particularmente de mês para mês sem, contudo, obedecer a um padrão definido de comportamento (CERGOLE, 1993).

Segundo Sunyé e Servain (1998), a pesca da sardinha-verdadeira na região entre Cabo Frio e Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro, é principalmente afetada por parâmetros meteorológicos, enquanto que na região entre Florianópolis (SC) e Torres (RS), os parâmetros oceanográficos são os que mais afetariam a captura da sardinha-verdadeira. Na região entre Angra dos Reis (RJ) e Paranaguá (PR), esses autores encontraram uma correlação inversa

entre desembarque e precipitação, enquanto que entre Florianópolis e Torres, os desembarques foram melhor correlacionados (positivamente) com a salinidade e a TSM. Esses resultados foram obtidos através da análise de matrizes de similaridades (MDS).

2.1.2 Artes de pesca

O início da exploração da pesca da sardinha-verdadeira ocorreu na forma artesanal realizada com tarrafa e redes de cerco flutuante. A pesca artesanal é definida como aquelas pescarias tradicionais que envolvem trabalho familiar, como forma de subsistência ou comercialmente orientadas, utilizando relativamente pouco capital e energia, e que empregam, ou não, embarcações relativamente pequenas para viagens curtas e próximas à costa (FAO 2005).

A pesca industrial é realizada na zona pelágica ou costeira marítima, na qual é praticada a extração econômica sobre várias espécies, e local de concentração de diversas frotas e artes pesqueiras, destacando-se os barcos de arrasto (parelha e tangones), traineiras, utilizando redes de cerco e a pesca de emalhe oceânico e costeiro (CEPERG, 2003). A pesca industrial, que também utiliza a captura da sardinha principalmente por redes de cerco, começou a se desenvolver nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo a partir da década de 1940, influenciada pela mecanização das embarcações; já no estado de Santa Catarina, desenvolveu-se por volta de 1962 (VALENTINI e CARDOSO, 1991). A partir dessa época, as frotas foram compostas e estruturadas tendo a sardinha-verdadeira como espécie-alvo em função de seu volume de produção. Antes disso, a espécie era pescada para servir de isca-viva na captura do bonito-listrado no Rio de Janeiro e em Santa Catarina (DIAS-NETO e DORNELLES, 1996).

Tradicionalmente, a pesca de sardinha era realizada com rede de cerco, denominada traineira, de formato retangular, de comprimento entre 700 m e 900 m; altura de 70 m a 90 m (malha esticada) e de 50 m a 60 m (em operação); malha de 12 mm, nó a nó, em toda a rede (VALENTINI e CARDOSO, 1991). Atualmente, parte da frota já conta com redes acima de 1.000 m de comprimento, o que permite a operação em áreas mais profundas (Figura 7).

A estrutura e o tamanho da frota de traineiras que opera sobre a sardinha - verdadeira apresentam características distintas entre estados do Sudeste e do Sul e vêm sofrendo alterações significativas ao longo do tempo. A frota que atua na pesca da sardinha-verdadeira

apresentou comportamento crescente até a década de 1980, quando contou com cerca de 500 embarcações (350 permissionadas e 150 sem permissão, ou seja, ilegais; DIAS-NETO e DORNELLES, 1996). A partir de 1990, em decorrência das grandes flutuações na biomassa disponível – indício de sobrepesca , o número de barcos em operação diminuiu, mas o esforço de pesca potencial permaneceu extremamente elevado, inviabilizando a recuperação do estoque. O total de traineiras permissionadas para atuar na captura da sardinha-verdadeira diminuiu de 317 para 185 unidades entre 1990 e 2000. A redução no número dessas embarcações não foi uniforme ao longo da costa, tendo sido maior em São Paulo (74%), seguido por Santa Catarina (29%) e Rio de Janeiro (18%) (SCHWINGEL e OCCHIALINI, 2003).



Figura 14: Fotos ilustrativas da pesca com tarrafa e cerco flutuante (acima) e rede de cerco em traineiras.

Das embarcações permissionadas para os estados de RJ, SP, SC e RS para o ano de 2004 e 2005 que efetivamente atuaram sobre o recurso, a grande maioria (82,4%) era proveniente de Santa Catarina. Esse predomínio pode ser explicado pelo fato de o estado possuir 102 das 183 permissões disponíveis para a captura do recurso e, também, por apresentar um mercado consumidor industrial que dificulta a comercialização do produto proveniente de barco irregular. Por outro lado, o baixo percentual de barcos permissionados

no Rio de Janeiro e em operação pode ser pelo fato de a frota carioca operar e desembarcar em portos do estado e não terem sido controlados seus desembarques. Nos anos de 2006 a 2010, a frota com autorização de pesca da sardinha-verdadeira variou de 158 barcos em 2008 para um máximo de 210 barcos em 2009. E os dados mais recentes para a frota legalizada foi resultado do recadastramento realizado em 2009 e 2010, indicando um total de 159 embarcações (Figura 8; IBAMA, 2011).

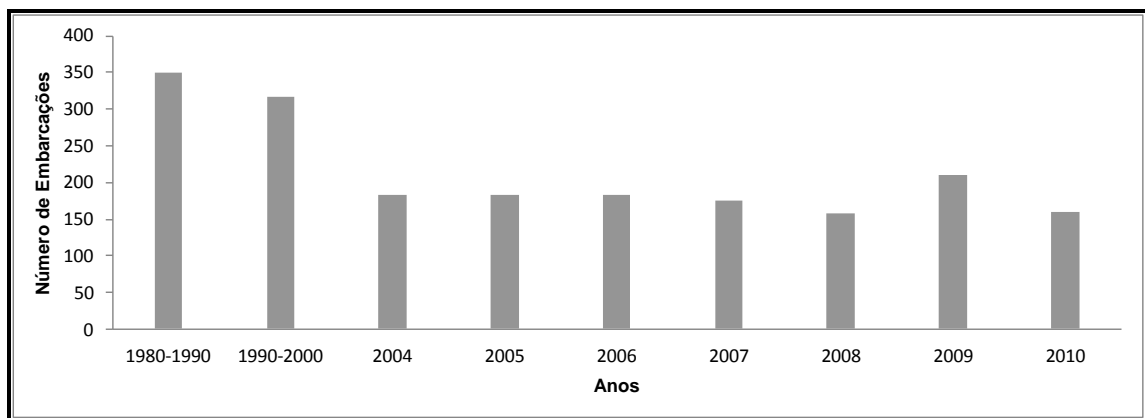


Figura 15: Relação de barcos legalmente permissionados para a pesca de cerco da sardinha-verdadeira durante o período de 1980 a 2010. Fonte: IBAMA (2011).

No Brasil, a primeira regulamentação da pescaria desta espécie foi adotada em 1973, com o estabelecimento do tamanho mínimo de captura da espécie. Essa determinação foi necessária quando se observou que o percentual de indivíduos jovens nas capturas da sardinha-verdadeira tornou-se preocupante, em especial na produção recorde daquele ano. De forma reativa, tais medidas foram adotadas sempre após claros sinais de risco para a sustentabilidade da pescaria. Posteriormente, em 1976, foi definido o período de defeso, e o esforço de pesca foi limitado às embarcações do tipo traineiras já integrantes da frota. Esse período de proibição da pesca foi adotado com o primeiro grave declínio da produção em 1976, o que justificou, também, a limitação da frota (DIAS-NETO, 2002).

A pesca da sardinha-verdadeira é proibida nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina durante o período de defeso que ocorre entre os meses de junho até agosto, chamado de “defeso do meio do ano”. Nesse período, os pescadores estão proibidos de pescar esta espécie, que entra em fase de recrutamento, na qual os indivíduos juvenis irão atingir a fase adulta. Outro período de defeso da sardinha ocorre também na passagem de um ano para o outro, durante o verão austral. Nessa época, a pesca é proibida para que a espécie

possa se reproduzir. No Tabela 1 estão representadas as mais importantes Normas, Portarias e Instruções Normativas (I.N.) que estabelecem a regulamentação da pesca da sardinha-verdadeira.

Tabela 1: Normas, portarias e Instruções Normativas específicas à pesca da sardinha-verdadeira.

Normas	Atribuições
Portaria N° 15 de 26/08/1977	Período de defeso de verão (desova) indo do final de dezembro ao início de fevereiro.
Portaria N° 2.286 de 19/11/1990	Ampliação do período de defeso na fase de recrutamento da espécie (no início de junho até o final de agosto)
I.N. do MMA N° 10 de 30/10/2002	Institui o período de defeso de verão durante indo do início do mês de dezembro até o fim do mês de fevereiro.
I.N. do MMA N° 07/2003	Institui o período de defeso durante os meses de julho e agosto, definindo a obrigatoriedade de dois períodos de defeso anuais durante 3 temporadas de pesca seguidas (2003 a 2006)
Portaria IBAMA N° 50 de 14/09/2004	Admite uma tolerância de 8% na composição total da captura desembarcada de sardinha-verdadeira durante o período de defeso
I.N. do MMA N° 128 de 26/10/2006	Ampliação por mais 3 anos seguidos, a partir de 2006 de novos períodos de defeso desova e recrutamento
I.N. IBAMA N° 15 de 21/05/2006	Foram recomendados os defesos anuais, de desova (1/11 a 15/02) e recrutamento (15/06 a 31/07)
I.N. IBAMA N° 16 de 22/05/2009	Define que no período do defeso de recrutamento, fica proibido, anualmente, a captura, a estocagem, o armazenamento, o transporte e a comercialização da sardinha-verdadeira para uso como isca-viva na pesca do bonito-listrado

Fonte: IBAMA (2011).

Claramente, a dificuldade de fiscalização é um fator que influi negativamente no monitoramento das descargas da sardinha-verdadeira. Por exemplo, se o pescador captura a espécie durante o defeso, certamente não irá produzir provas contra si próprio e, portanto, não declarará a descarga de indivíduos da espécie ao órgão fiscalizador, além de possibilidades de descumprimento ao marco legal em outras circunstâncias.

2.2. CARACTERÍSTICAS OCEANOGRÁFICAS DA PLATAFORMA CONTINENTAL SUL SUDESTE BRASILEIRA

Por além de ser a área de ocorrência da sardinha-verdadeira, esta é a área de estudo deste trabalho. A PCSSB se estende desde a região de Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro (latitude 22°S) até o Cabo de Santa Marta Grande, em Santa Catarina (latitude 28°S). É caracterizada como, uma das principais feições geomorfológicas da costa brasileira, cobrindo em extensão, aproximadamente 1.000 km do litoral brasileiro. Nesta região as isóbatas seguem em direção à linha de costa até a profundidade da quebra da Plataforma Continental (120 m e 180 m). Enquanto o centro da PCSSB, em frente à cidade de Santos, é sua parte mais larga (aproximadamente 230 km), suas extremidades, próximas a cidade de Cabo Frio e Cabo de Santa Marta representam as partes mais estreitas (50 km e 70 km de largura respectivamente), além de possuir também ilhas como a Ilha Grande, Ilha de São Sebastião, Ilha de São Francisco e Ilha de Santa Catarina (CASTRO *et al.*, 2006; Figura 4).

As massas de água presentes na PCSSB são resultado da mistura entre: a Água Tropical (AT), quente e salina ($T > 20^{\circ}\text{C}$ e $S > 36,4$) que é transportada na camada superficial, entre 0 e 200 m; Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que é relativamente fria ($T < 20^{\circ}\text{C}$ e $S < 36,4$) e atua na região próxima ao talude (200 a 500 m de profundidade); e a Água Costeira (AC), que é resultante da mistura de águas continentais e de águas da plataforma continental (CASTRO, 1996). Na região de ocorrência da sardinha-verdadeira dentro da PCSSB, o domínio interno é ocupado principalmente pela AC que apresenta uma coluna da água homogênea resultante do processo de mistura causada pelo vento. Enquanto o limite externo da plataforma interna se caracteriza pela frente térmica profunda, que pode sofrer uma variação ao longo do ano, estando mais próxima da costa nos meses de verão (10 a 20 km) e mais distantes no inverno (40 a 50 km) (CASTRO e MIRANDA, 1998).

Nesta região, durante o período de primavera e verão (novembro - março), a ACAS se direciona a costa sobre o fundo da plataforma, além de ser caracterizado por baixa turbulência e alta radiação solar, acaba por se tornar disponível para a fotossíntese e provável estratificação da camada superior da coluna d'água (CASTRO *et al.*, 1987), o que coincide com o período de reprodução e desova da sardinha-verdadeira (BAKUM e PARRISH, 1990).

Já durante o inverno austral (junho - setembro), o fluxo da Corrente das Malvinas (CM) atua em direção ao norte atingindo latitudes de até 23°S (CAMPOS *et al.*, 1996). Assim, a variabilidade regional dentro da PCSSB pode ser esperada devido à grande heterogeneidade oceanográfica e clima local. Essa intrusão da ACAS está relacionada com o fenômeno da ressurgência, que se caracteriza pelo afloramento de águas mais frias e ricas em nutrientes na superfície, por meandros e vórtices da Corrente do Brasil (CB) e por mudanças no padrão de ventos (MASCARENHAS *et al.*, 1971). A ressurgência mais importante e conhecida é a de Cabo Frio (RJ), que representa o limite norte da área de ocorrência da sardinha-verdadeira.

A presença da ACAS, rica em nutrientes na zona eufótica, faz com que a produção primária da região costeira aumente, favorecendo uma maior concentração de plâncton nas zonas de mistura, o que acaba conferindo uma excelente condição para a sobrevivência de larvas de peixes (DIAS, 1995; LOPES, 2006; MATSUURA, 1996).

A circulação marinha na região da PCSSB é forçada principalmente por ventos, pela CB e pelas marés. As respostas das massas d'água sobre essas diferentes forçantes estão associadas a processos que atuam diretamente na plataforma continental e a processos que estão relacionados ao talude, através da quebra da plataforma, além de variarem amplamente em escala espaciais e temporais (CASTRO *et al.*, 2006).

Outro fenômeno oceanográfico importante é a intrusão frequente próximo à costa de águas frias, também ricas em nutrientes, oriundas das regiões costeiras mais ao sul sob influência do Rio da Prata na Argentina, que ocorrem entre o final do outono e início da primavera (SOUZA e ROBINSON, 2004).

A partir de dados levantados nas décadas de 1970 a 1990, concluíram que a desova e, conseqüentemente, todo o recrutamento da sardinha-verdadeira mostraram estar ligados à dinâmica de massas d'água e outros processos abióticos que possuem frequências distintas, ou seja, ocorrem em diferentes escalas temporais (TURA e KATSURAGAWA, 2011). Gigliotti *et al.* (2010), ainda com esses dados mais antigos, somados a dados obtidos a partir de sensoriamento remoto, mostraram que as áreas de desova sofrem expansões e contrações interanuais, de acordo com a intensidade de intrusão da água central do Atlântico Sul sobre a Plataforma Continental.

Essa intrusão de águas mais frias na região pode estar relacionada com fenômenos ENOS (CAMPOS *et al.*, 1999), sendo que a variabilidade da produção primária dessa região está possivelmente relacionada com fases positivas e negativas desses fenômenos e à descarga de água da Lagoa dos Patos (CIOTTI *et al.*, 1995). Lentini *et al.* (2006), ao correlacionar a variação da posição da Confluência Brasil Malvinas (CBM) com eventos ENOS, verificaram que mesmo em anos considerados neutros, existem amplitudes comparáveis aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña.

2.3. TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR (TSM)

O estudo do clima terrestre envolve o entendimento de complexas interações do sistema oceano-atmosfera. A TSM exerce um papel importantíssimo nesse complexo mecanismo de interação, pois regula a energia em forma de fluxo de calor que é trocada entre a atmosfera e o oceano. Para Souza (2005), pequenas variações de TSM podem acarretar grandes variações no calor armazenado no interior dos oceanos.

As condições oceânicas, assim como os efeitos das ações das atividades pesqueiras sobre os ecossistemas marinhos, variam consideravelmente ao longo de escalas espaço-temporais. Nos anos 1970, as técnicas de sensoriamento remoto proporcionaram uma inovação na observação e medição dos parâmetros oceanográficos através de dados coletados a partir de satélites. Para Zagaglia e Hazin (2005), o monitoramento dos oceanos através dessas técnicas tornou-se de alta relevância para o acompanhamento de indicadores ambientais que podem estar influenciando de diferentes formas as espécies marinhas comercialmente exploradas.

As estimativas da TSM, através de satélites, têm sido o parâmetro mais utilizado na relação das condições oceânicas com o comportamento e abundância dos estoques pesqueiros; por revelarem importantes processos oceânicos tem se tornado o indicador mais bem sucedido na maior parte dos casos (SANTOS, 2000).

Atualmente existem vários conjuntos de dados globais de TSM disponíveis para a utilização na comunidade científica, como por exemplo, os produtos registrados por sensores AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) dos satélites NOAA (*National*

Oceanic and Atmospheric Administration). Esses dados possuem resoluções espaciais (da ordem de 4 km x 4 km) variadas na escala horizontal e séries temporais que podem representar condições médias diárias, semanais, mensais e assim por diante. A elaboração desses conjuntos de dados compreende o uso de informações coletadas por instrumentação instaladas em bóias (ancoradas ou de deriva), navios de oportunidade e dados coletados por satélites (SOUZA, 2005). As medições de TSM realizadas através de sensoriamento remoto tornaram-se extremamente importantes, pelo fato das medições *in situ*, coletadas através de navios de pesquisas ou por instrumentos instalados em bóias ou plataformas serem muito dispendiosas e não apresentarem grande continuidade espacial e temporal.

Segundo Robinson (1985), a cobertura espacial dos satélites que permitem a aquisição de dados a nível global torna-se a grande vantagem de se utilizar sensores orbitais para a coleta de dados de TSM. Ao mesmo tempo, o sensoriamento remoto aplicado aos oceanos permite o acesso a regiões isoladas, resultando em imagens da superfície do mar em área de mesoescala (da ordem de centenas de km) com base em dados adquiridos sinoticamente.

Gigliotti (2009) afirma que a disponibilidade de dados em longas séries temporais possibilitam o cálculo das médias climatológicas, assim como de suas anomalias. O uso da TSM em estudos oceanográficos acaba por desempenhar um importante papel na observação de fenômenos naturais associados aos padrões de variabilidade climáticas regionais e globais (Figura 9).

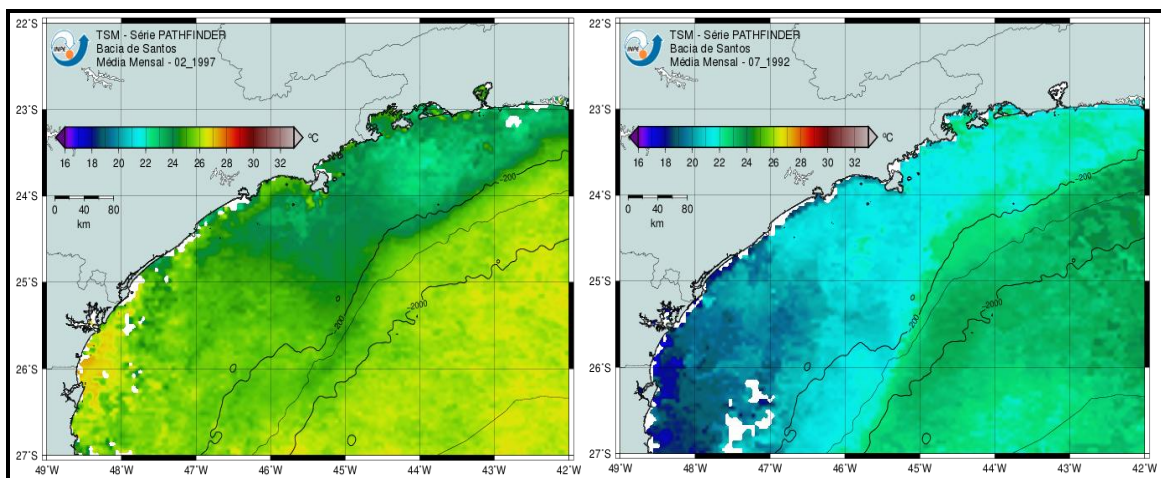


Figura 16: Exemplo de médias mensais de TSM da série *Pathfinder* (sensor AVHRR) para a região da Baía de Santos, em fevereiro de 1997 e em julho de 1992, respectivamente. Fonte: Ortiz (com. pessoal).

Médias climatológicas de TSM globais e com resoluções de alguns poucos quilômetros podem ser obtidas através de sensores de satélites sobre o oceano global em longas séries de tempo. Através dessas médias, podem ser estimada a ATSM, que são muito úteis no monitoramento de flutuações de TSM em diferentes bacias oceânicas. Esses campos anômalos podem acarretar fortes mudanças ambientais no oceano causando, além de impactos nos ecossistemas, reflexos diretos na população humana (SOUZA, 2009).

Cergole (1993) afirma que a disponibilidade da sardinha-verdadeira à pesca difere de ano para ano e, particularmente, de mês para mês sem, contudo, obedecer a um padrão definido de comportamento. Tal fato está relacionado, principalmente, às oscilações verificadas na estrutura oceanográfica, como a TSM e ATSM, que podem determinar pronunciados deslocamentos dos cardumes, mantendo-se ou não disponíveis à frota pesqueira comercial, em uma determinada área.

Em estudo realizado por Paes *et al.* (2007), sobre as covariações dos desembarques da sardinha-verdadeira com a TSM, foi calculada a média mensal de TSM em duas áreas específicas ao sul e ao norte da PCSSB para o período entre janeiro de 1985 e dezembro de 2004 (Figura 10). A partir dos dados climatológicos dessas áreas, foram calculadas as ATSM.

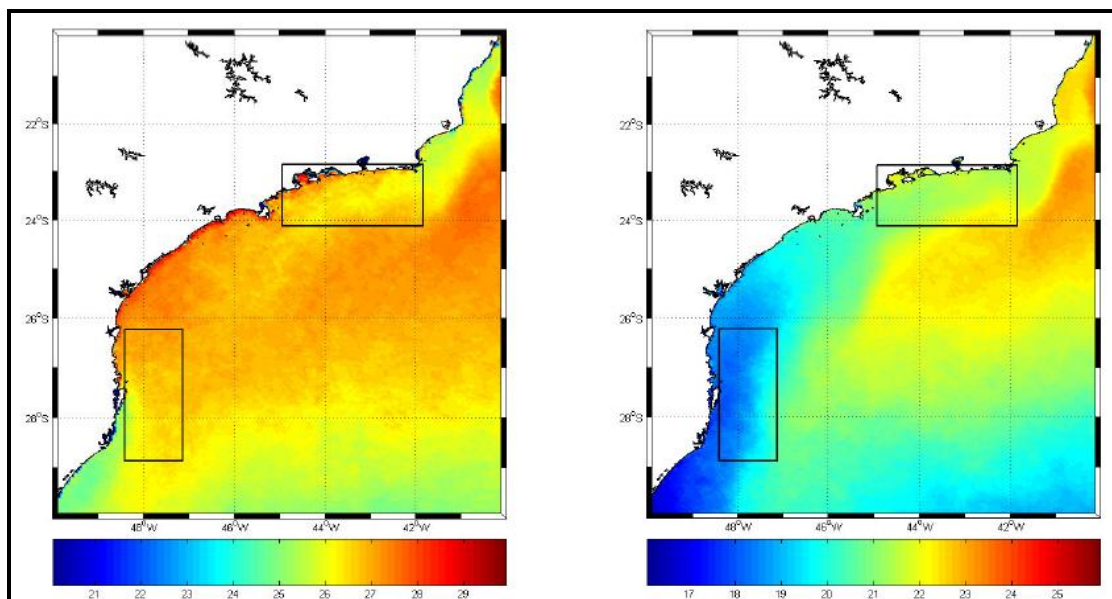


Figura 17: Médias climatológicas de TSM ($^{\circ}\text{C}$) para fevereiro (esq.) e agosto (dir.) no litoral do RJ (caixa ao norte) e de SC (caixa ao sul) do programa “Pathfinder” calculadas entre 1985 e 2004. Fonte: Paes *et al.* (2007).

Através de análises de imagens da TSM para um período de 13 anos, Souza (2005) cita que em estudos climáticos, o conceito de anomalia é frequentemente empregado, pois, em geral, o maior interesse nas pesquisas é investigar o quanto o clima de determinada região difere do que é considerado “normal”. A ATSM é dada pelo desvio (ou diferença) entre a TSM observada em um determinado local durante um período de tempo e sua média durante um longo período de tempo (média climatológica) para uma mesma região. Pequenas variações nos padrões de TSM também podem estar associadas a eventos como El Niño (DOURADO e CALTABIANO, 2005).

Segundo Giglioti (2009), as técnicas de sensoriamento aplicadas à pesca podem assegurar a estimativa precisa da captura, protegendo os estoques pesqueiros da exploração acima de níveis sustentáveis. As informações provenientes de técnicas de sensoriamento remoto sobre as condições oceânicas e previsões de captura para determinada frota de pesca, podem vir a compensar o aumento da necessidade de maiores capturas. Contudo, o uso indiscriminado de informações geradas através de sensores remotos, pode acarretar na aceleração de um eventual colapso da atividade pesqueira.

O fenômeno ENOS, é de longe, a característica mais dominante da variabilidade interanual do sistema climático (PHILANDER, 1990). É um fenômeno de macroescala que tem o Oceano Pacífico Sul Oriental como sua principal área de atuação: é responsável por mudanças de curto, médio e longos prazos que afetam as áreas continentais da Ásia, Oceania e América. Caracteriza-se por ser um sistema de interface oceano-atmosfera mais estudado dentre os modos de variabilidade climática. Uma forte consequência associada a esse fenômeno são as fases quentes (ou positivas), representando o fenômeno El Niño e as fases frias (ou negativas), representado o fenômeno La Niña da anomalia de TSM no Oceano Pacífico Equatorial.

Por ser um sistema de interface entre o oceano e a atmosfera, suas variações podem chegar a influenciar diferentes partes do mundo. Em anos de ocorrência de eventos extremos de fenômenos como El Niño e La Niña, podem-se observar distúrbios no ambiente, como bruscas variações na TSM, as quais acabam por afetar condições climáticas nos oceanos.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas metodológicas do trabalho, desde a aquisição dos dados coletados até o tratamento final destes, são sintetizadas na Figura 11. Posteriormente os procedimentos empregados em todas as fases são descritos com maiores detalhes.

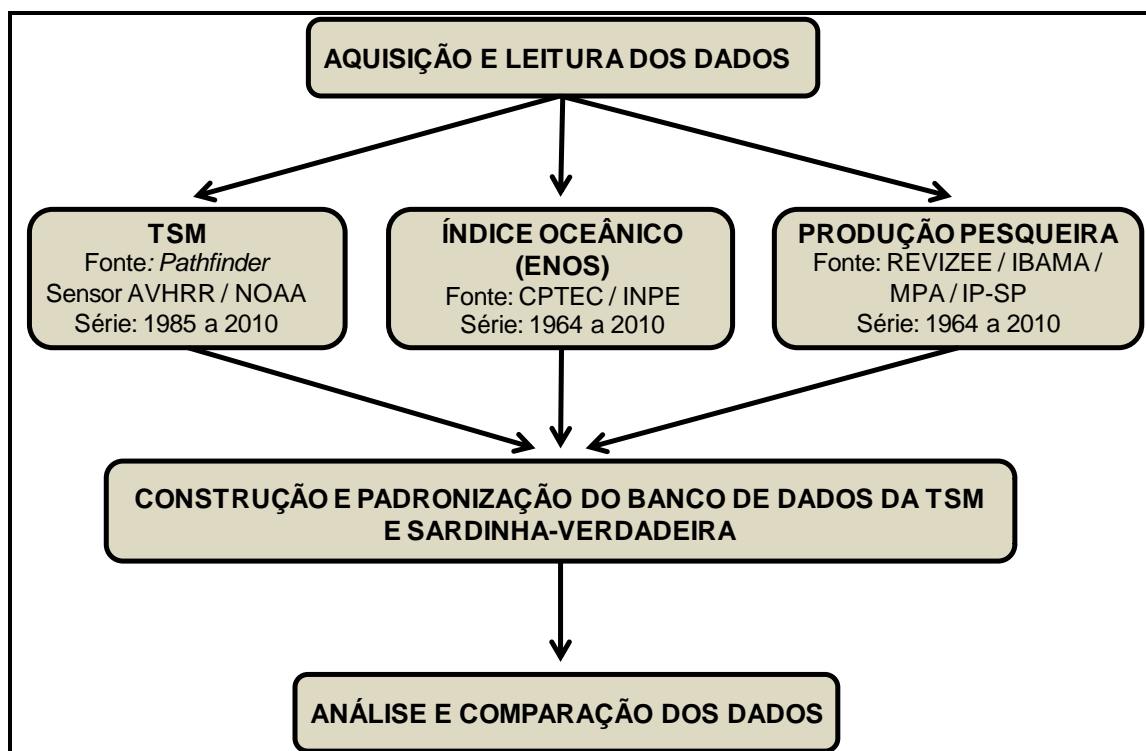


Figura 18: Fluxograma esquemático dos procedimentos metodológicos gerais empregados neste trabalho.

3.1. DADOS DE DESCARGA DA SARDINHA-VERDADEIRA (*Sardinella brasiliensis*)

Para este estudo, foram coletados dados anuais de descarga da sardinha-verdadeira durante o período de 1964 a 2010, para sua área de ocorrência, que abrange os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, e dados mensais durante o período de 1998 a 2010 para o estado de São Paulo (Figura 12).

Os dados foram coletados através de fontes como o Programa REVIZEE (Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva Brasileira), consulta em relatórios estatísticos de pesca do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis), MPA (Ministério de Pesca e Aquicultura), UNIVALI (Universidade do Vale do Itajaí), e Instituto de Pesca do estado de São Paulo.

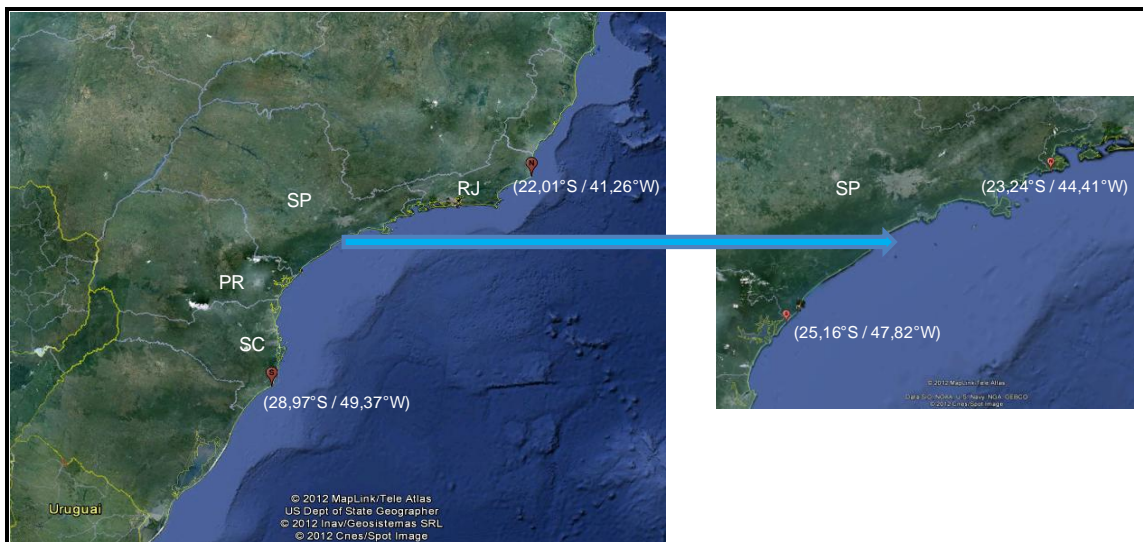


Figura 19: Localização da área de estudo e litoral de São Paulo.

Entre o período de 1964 a 2000, os dados de descarga anuais da sardinha-verdadeira foram obtidos através do programa REVIZEE, coletados a partir do estudo de Cergole *et al.* (2002) sobre as flutuações da população desta espécie. Para os anos de 2001 a 2010, os dados foram consultados através de relatórios estatísticos do IBAMA, MPA e UNIVALI.

Os valores de descarga mensais desta espécie para o estado de São Paulo foram adquiridos entre o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2010 através de consultas em relatórios e no site do instituto de Pesca do estado de São Paulo, em:

<http://www.pesca.sp.gov.br/estatistica.php>

O Serviço de Controle da Produção Pesqueira Marinha do Estado de São Paulo, de Instituto de Pesca daquele estado, mantém coletores de dados nos principais locais de desembarque de pescado dos municípios de Cananéia, Iguape e Ilha Comprida, no litoral sul

de São Paulo, em Santos e Guarujá, na Baixada Santista, e em Ubatuba, no litoral norte do estado.

As etapas de armazenamento, processamento, análise e disponibilização das informações sobre o volume de captura são executadas através do Sistema Gerenciador de Banco de Dados de Controle Estatístico de Produção Pesqueira Marítima, ProPesq®, criado especificamente para este fim (ÁVILA-DA-SILVA; CARNEIRO; FAGUNDES, 1999).

Deve-se levar em consideração que os resultados de estatísticas pesqueiras podem ser subestimados, pois existem diversas dificuldades para se conseguir tais dados, como, por exemplo, as estatísticas de produção pesqueira não cobrirem todos os portos de desembarque; as informações de quantidade de pesca e aparelhagem utilizada nas pescarias fornecidas pelas embarcações ou empresas não sejam corretas, além dos valores relacionados com os períodos de defeso desta espécie, que dificilmente serão repassados para a instituição responsável pela coleta desses dados.

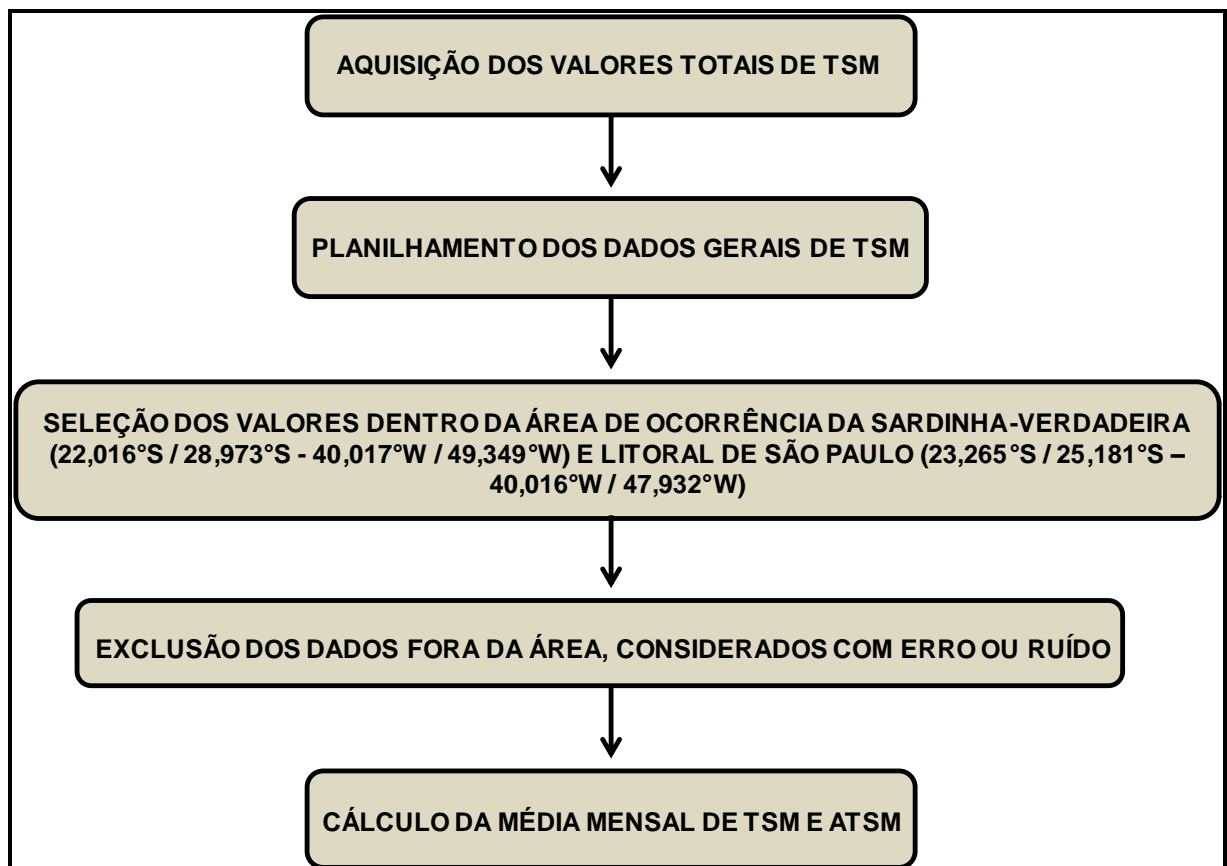
3.2. DADOS DA TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR (TSM)

Os dados referentes à TSM utilizados neste estudo foram obtidos através do sensor orbital AVHRR, a bordo dos satélites da NOAA. Este sensor apresenta 1,1 km de resolução espacial ao nadir, resolução temporal de duas passagens por dia por satélite e largura de faixa imageada do terreno (varredura) de 2.700 km. Os dados de TSM são produzidos e disponibilizados pelo projeto *Pathfinder* versão 5.0 (PV5), desenvolvido pelo NODC (*National Oceanographic Data Center*), e possuem resolução espacial de 4 km x 4 km. O banco de dados *Pathfinder* representa um reprocessamento histórico de todas as séries de tempo de dados do AVHRR. Os dados de TSM obtidos para este trabalho foram concedidos pelo INPE e correspondem a um período de 25 anos: janeiro de 1985 a dezembro de 2010. Foram selecionadas 300 imagens com valores referentes as médias mensais de TSM para a área da bacia de Santos, com especificações demonstradas na Tabela 2. É importante mencionar que os dados de TSM correspondentes ao período de 2007-2010 não haviam sido completamente verificados pelos métodos de controle de qualidade, indicando que deve-se ter cautela nas interpretações deles decorrentes. Por outro lado, tais dados foram usados para que se pudesse realizar as análises de descarga e eventos ENOS nesse período.

Tabela 2: Especificações dos dados iniciais de TSM obtidos para este estudo.

Formatação	Longitude / Latitude / TSM
Região	40°W / 53°W - 19°S / 29°S (entre isóbatas de 0 a 100 m.)
Espaçamento de grade	X e Y: 0,0417°

Após a aquisição de todos os valores de TSM, foi realizada a construção um banco de dados no programa Excel®, para posterior processo de filtragem dos dados correspondentes a área de ocorrência da sardinha-verdadeira e calculo de suas médias e anomalias de TSM (Figura 13).

**Figura 20:** Fluxograma do processo de seleção dos dados de TSM.

3.3. ÍNDICES OCEÂNICOS (ENOS)

Os anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, assim como a intensidade em cada episódio (Tabela 3), foram coletados através do site do CPTEC/INPE, através do endereço eletrônico:

http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml

Tabela 3: Anos de ocorrência de fenômenos El Niño e La Niña e suas intensidades, de acordo com a classificação do CPTE/INPE.

Ocorrência e Intensidades El Niña e La Niña		
ANO	El Niño	La Niña
1964 - 1965		Moderado
1965 - 1966	Moderado	
1968 - 1970	Moderado	
1970 - 1971		Moderado
1972 - 1973	Forte	
1973 - 1976		Forte
1976 - 1977	Fraco	
1977 - 1978	Fraco	
1979 - 1980	Fraco	
1982 - 1983	Forte	
1983 - 1984		Fraco
1984 - 1985		Fraco
1986 - 1988	Moderado	
1988 - 1989		Forte
1990 - 1993	Forte	
1994 - 1995	Moderado	
1995 - 1996		Fraco
1997 - 1998	Forte	
1998 - 2001		Moderado
2002 - 2003	Moderado	
2004 - 2005	Fraco	
2006 - 2007	Fraco	
2009 - 2010	Fraco	

Fonte: CPTEC/INPE (2009).

Além dos períodos e intensidades coletados no site do CPTEC/INPE, foi utilizado também o índice aceito pela NOAA como um dos padrões representativos de ENOS, o Índice Oceânico do El Niño (*Oceanic Nino Index - ONI*) para a verificação da variabilidade dos dados de TSM com eventos El Niño e La Niña. (CPC, 2012). Foram adquiridos dados mensais da ONI para o período de janeiro de 1964 a dezembro de 2010 (Tabela 4; Figura 14) através do site:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Este índice representa a intensidade dos eventos ENOS a partir das anomalias de TSM coletadas na área conhecida como NINO 3.4 (5°N - 5°S, 120°W - 170°W). Esta representação apresenta os períodos de início e término dos eventos mais bem definidos. A CPC considera

a condição de ocorrência desses fenômenos quando a temperatura atingir ou exceder a anomalia mensal (em relação à média climatológica) de $\pm 0,5$ °C, por pelo menos 5 ou mais registros consecutivos.

Tabela 4: Fenômenos El Niño e La Niña medidos pela ONI/NOAA entre o período de janeiro de 1964 a dezembro de 2010.

El Niño	La Niña
05/1965 – 06/1966	05/1964 – 02/1965
08/1968 – 01/1970	07/1970 – 01/1972
05/1972 – 03/1973	05/1973 – 04/1976
09/1976 – 02/1978	09/1983 – 12/1983
05/1982 – 06/1983	10/1984 – 09/1985
08/1986 – 02/1988	05/1988 – 05/1989
05/1991 – 06/1992	09/1995 – 03/1996
09/1994 – 03/1995	07/1998 – 03/2001
05/1997 – 04/1998	11/2005 – 03/2006
05/2002 – 02/2003	08/2007 – 06/2008
07/2004 – 01/2005	
09/2006 – 01/2007	
07/2009 – 04/2010	

Fonte: CPC (2012).

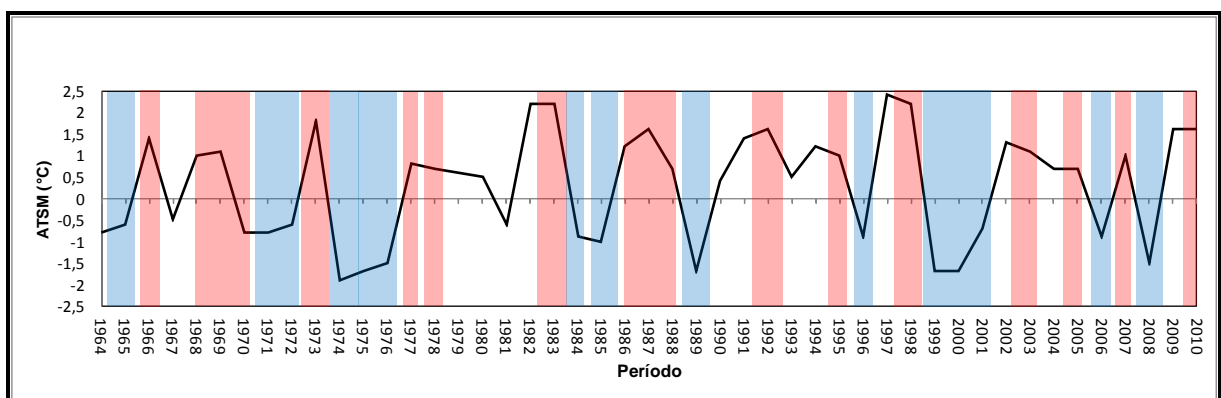


Figura 21: Série temporal do índice ONI (linha contínua) representativo dos fenômenos ENOS para o período de janeiro de 1964 a dezembro de 2010, com eventos El Niño (faixas vermelhas) e La Niña (faixas azuis). Fonte: CPC (2012).

Como análise estatística, foram realizados testes de correlação linear entre os dados anuais de ATSM e os valores da descarga da sardinha-verdadeira em sua área de ocorrência entre os anos de 1985 a 2010, assim como para os dados mensais de descarga no litoral do estado de São Paulo e ATSM entre os anos de 1998 a 2001. Para tais análises, foi utilizado o programa STATDISK® (v. 10.4.0).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DESCARGA DA SARDINHA-VERDADEIRA (*Sardinella brasiliensis*)

Ao se analisar os valores anuais da descarga da sardinha-verdadeira em sua área de ocorrência, que abrange os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, durante o período de 1964 a 2010 (Figura 15), observou-se que o maior valor foi registrado no ano de 1973, quando se chegou a atingir 228.037 ton., fazendo com que esse tenha sido a maior descarga já obtida na história dessa pescaria no Brasil. Enquanto o menor valor registrado ocorreu no ano de 2000, em que apenas 17.053 ton. foram capturadas, sendo que a média anual de descarga desta espécie durante este período dentro de sua área de ocorrência foi de aproximadamente 91.602 ton. A partir do cálculo de uma regressão linear, estima-se uma taxa de declínio na descarga de sardinha-verdadeira de algo como 1.800 ton./ano.

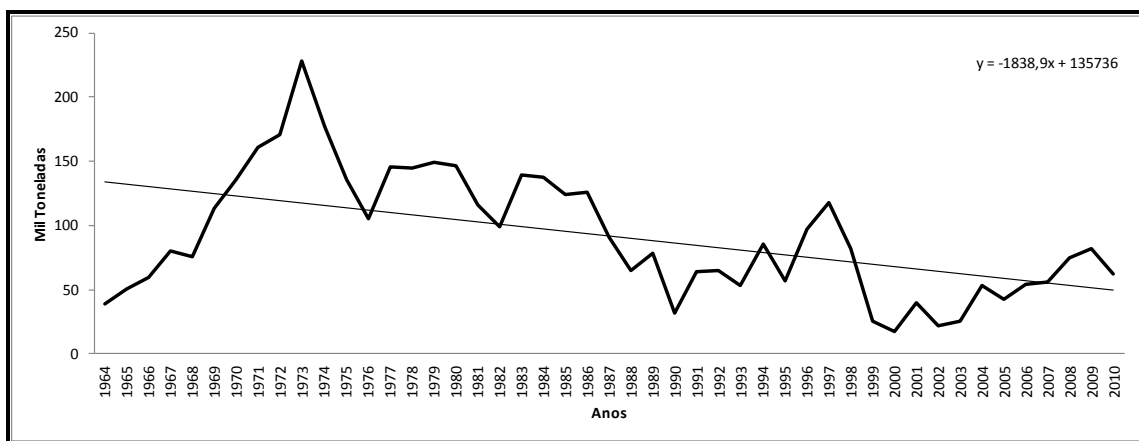


Figura 22: Valores totais da descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira para sua área em ocorrência na PCSSB durante o período de 1964 a 2009.

A partir de seu registro máximo no ano de 1973, a produção passou a exibir tendência de declínio, em longo prazo (ordem de décadas), apesar de períodos de certa recuperação. A tendência de queda na produção de sardinha-verdadeira nas regiões Sudeste/Sul já se apresentava clara em 1988, com sinais de esgotamento e de eventual colapso da pescaria, o

que afetou profundamente a atividade do setor sardinheiro nos anos seguintes (VALENTINI e CARDOSO, 1991). A melhoria nos níveis de recrutamento em 1991 e em 1994, além da implementação de medidas mais rígidas por parte do IBAMA, a partir de 1991, têm sido considerados marcos importantes para a recomposição das capturas na primeira metade da década de 1990 (MMA/IBAMA, 1996; DIAS-NETO, 2003), que voltaram a atingir mais de 84.000 ton. em 1994.

Após a descarga de mais de 117.000 ton. em 1997, ano em que as estimativas de biomassa dos estoques desovantes apontaram valores abaixo do patamar médio, considerado crítico para a manutenção de níveis seguros de recrutamento, evidenciou-se um colapso em proporções ainda maiores do que o registrado em 1990, com aproximadamente 17.000 ton. em 2000. Os dados sobre as produções dos anos 2000 apontam, portanto, para uma terceira fase em que, após a menor produção registrada em 2001, passou a ocorrer uma leve, mas continuada recuperação da produção, quando atingiu pouco mais de 80.000 ton. em 2009 (IBAMA, 2011).

Ainda que seja reconhecida a expressiva redução do tamanho da frota sardinheira atuante na região (cerca de 50% na década de 1990), o remanescente caracteriza-se por elevado poder de captura, pois é formado por embarcações de maior porte equipadas com sonares para a detecção dos cardumes e redes maiores que possibilitam sua atuação em áreas mais profundas, além da captura de maiores contingentes. Esse elevado poder de pesca, quando aplicado em períodos de baixa abundância do estoque (resultante de fatores ambientais e/ou antrópicos, como a de sobrepesca), tende a agravar ainda mais a redução da biomassa explorável, colocando em risco a pescaria nos períodos subsequentes (VALENTINI e PEZZUTO, 2006).

No que se refere às porcentagens de descarga dessa espécie a partir das médias de cada estado (Figura 16), foi possível observar que nos portos do estado de Santa Catarina é onde ocorre preferencialmente a descarga da sardinha-verdadeira, com 39% do total. Em seguida, vem o estado do Rio de Janeiro, que representou 34% da descarga total, e o estado de São Paulo, com 27%. Menos representativo foi o estado do Paraná, que não aparece no gráfico por não alcançar 1% do valor de descarga da sardinha- verdadeira.

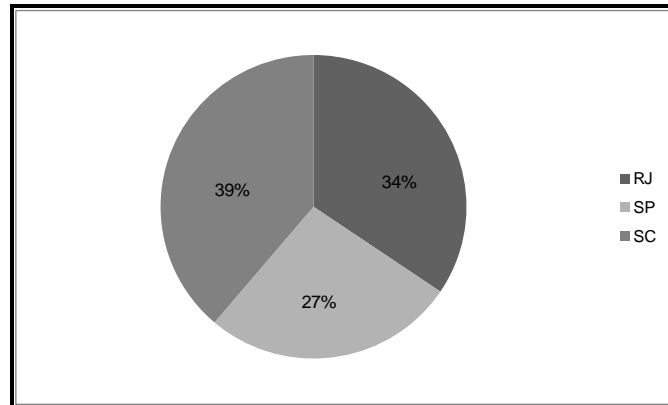


Figura 23: Representatividade, em porcentagem, da descarga total dos estados que abrangem a área de ocorrência da Sardinha-verdadeira, entre os anos de 1964 a 2010.

A Figura 17 apresenta os valores totais de descarga da sardinha-verdadeira para os três estados mais representativos na PCSSB, RJ (1964-2007), SP (1964-2010) e SC (1964-2008). O estado de Santa Catarina apresentou, durante o período de 1964 a 2008, uma média anual de descarga da sardinha-verdadeira de 35.406 ton. (39% do total). Seu maior valor foi observado no ano de 1974, ultrapassando 92.000 ton., enquanto o menor registro ocorreu no ano de 2000, quando foram descarregadas aproximadamente 6.500 ton. (Figura 17 a.). Esses valores podem ser entendidos não por necessariamente haver mais concentração de sardinha na costa desse estado, mas pode ser refletido pelo tamanho da frota pesqueira atuante nessa região como também pelo número de descarga que ocorrem nos portos deste estado mesmo que a espécie não tenha sido capturada nesse litoral. É possível observar que os valores de descarga da sardinha-verdadeira em Santa Catarina se mantiveram em torno da média durante quase todo o período analisado, embora nos últimos dez anos esses valores não tenham superado o valor médio. Em comparação com as condições nacionais (Figura 14), observa-se uma relativa estabilidade da descarga de sardinha-verdadeira para o estado de Santa Catarina, com uma leve tendência de declínio dessa pescaria a uma taxa de pouco mais de 129 ton./ano. No ano de 2002 a participação percentual da sardinha, para o estado de Santa Catarina, nas capturas desembarcadas pela frota de traineiras entre os anos de 1997 e 2003 foi de 68% em 2001, 46% em 2002 e 53% em 2003, sendo importante destacar a substituição da sardinha-verdadeira por outras espécies em anos de baixa disponibilidade. Nesse período, as capturas incluíram, principalmente, cinco espécies, sendo a análise da composição demonstrada pela disponibilidade da espécie-alvo à pesca (IBAMA, 2011).

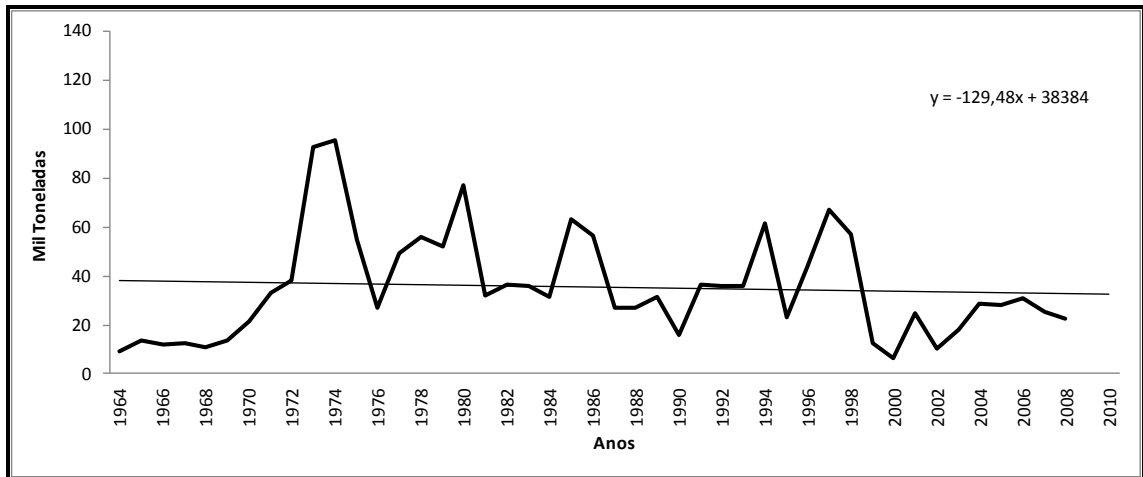
O estado do Rio de Janeiro, registrou seu maior valor na descarga da sardinha-verdadeira no ano de 1973, chegando a atingir aproximadamente 119.000 ton., enquanto o menor valor foi registrado no ano de 2003, não ultrapassando 3.000 ton. A média de descarga dessa espécie nesse estado durante o período de 1964 a 2007 foi de 31.431 toneladas (Figura 17 b.). Após o Rio de Janeiro atingir seu valor máximo de descarga, é notável observar um decréscimo contínuo no decorrer do período. Durante a primeira metade, até o ano de 1980, os valores se mantiveram bem superiores à média total, enquanto que após este ano, a descarga da sardinha-verdadeira só atingiu o valor médio nos anos de 1996 e 1997, voltando a sofrer uma redução após este período. Se analisado matematicamente o comportamento da linha de tendência da regressão linear, espera-se o encerramento das descargas de sardinha-verdadeira no Rio de Janeiro.

O fato de que os valores máximos de descarga registrado nos estado de Santa Catarina e Rio de Janeiro ocorreram ambos no ano de 1973, acabou por refletir também na maior descarga da sardinha-verdadeira já registrado em toda sua área de ocorrência. Essa máxima pode também estar associada ao início da exploração em grande escala de forma comercial desta espécie, na qual a frota começou a atuar de forma mecanizada promovida por incentivos governamentais (VALENTINI e CARDOSO, 1991). No período entre 2007e 2009, os cardumes com sardinha-verdadeira de maior porte têm se concentrado na área norte do estado do Rio de Janeiro, conforme já apontado pelos cruzeiros do projeto Ecosar e os dados de produção do estado (IBAMA, 2011).

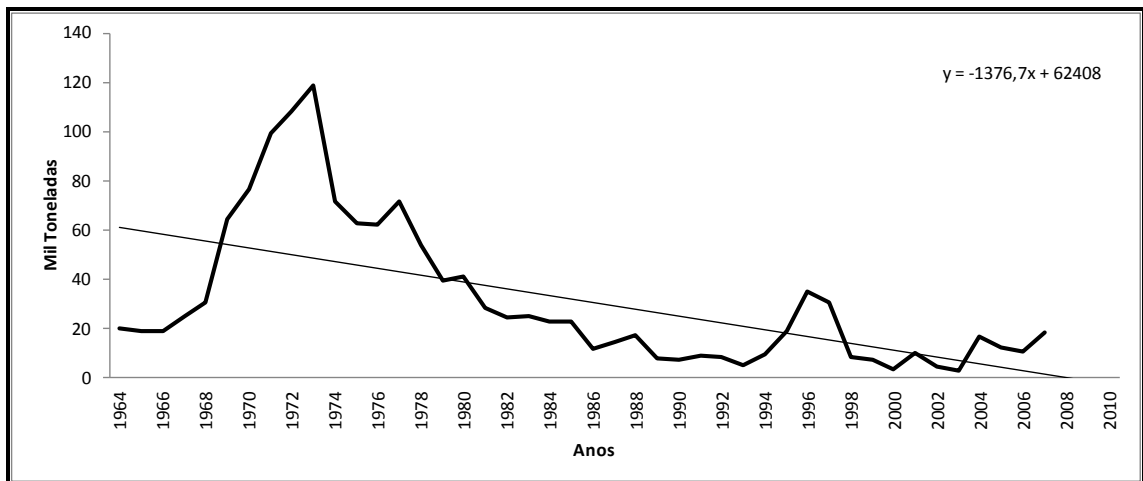
O litoral de São Paulo, diferentemente dos demais estados que representam a área de ocorrência da sardinha-verdadeira, obteve seu valor máximo de descarga, durante o período de 1964 a 2010, no ano de 1984, quando chegou a registrar quase 83.000 ton. Já, o menor valor foi observado no ano de 2005, não ultrapassando 2.000 ton., enquanto a média registrada nesse estado durante o período analisado foi de 24.518 toneladas (Figura 17 c.). Em comparação com valores de descarga da sardinha-verdadeira em toda sua área de ocorrência, quando o maior valor foi registrado início da década de 1970, em São Paulo, neste mesmo período, os valores apresentaram uma considerável redução, voltando a aumentar até apresentar seu máximo registrado na metade da década de 1980. Após registrar seu valor máximo, observou-se um declínio no decorrer dos anos, atingindo resultados muito abaixo da média no início dos anos 2000, apesar de uma recuperação relativa nos anos mais recentes. A

taxa de declínio da descarga da sardinha-verdadeira para o período foi em torno de 605 ton./ano.

a.



b.



c.

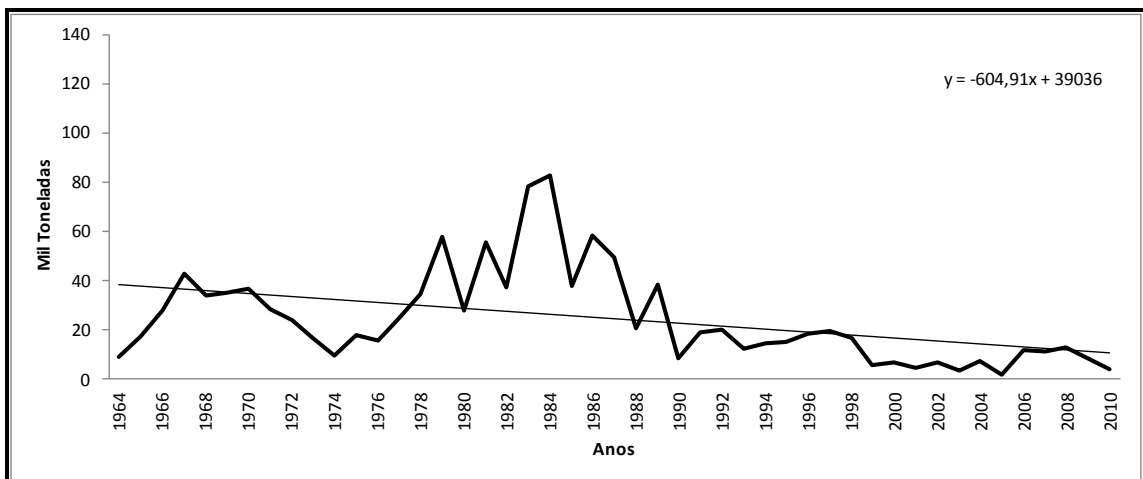


Figura 24: Valores de descarga (mil ton.) para os estados de Santa Catarina (a.), Rio de Janeiro (b.) e São Paulo (c.), durante o período de 1964 a 2010.

4.1.1. Descarga da Sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) no litoral de São Paulo

Os resultados anuais de descarga da sardinha-verdadeira para o estado de São Paulo durante os anos de 1998 a 2010 estão representados na Figura 18. O maior valor durante esse período ocorreu no ano de 1998, quando se registrou uma descarga de 16.745 toneladas, enquanto a menor descarga ocorreu no ano de 2005, quando foram registradas menos de 2.000 ton. Já a média de descarga para esse estado durante esses anos foi de 7.955 toneladas.

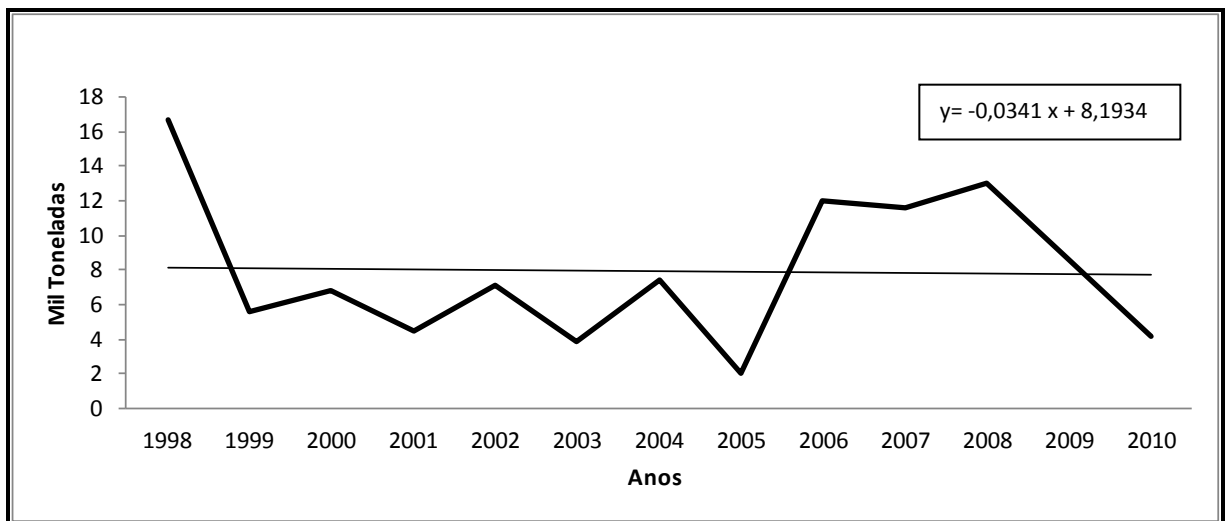


Figura 25: Médias anuais de descarga (mil ton.) da sardinha verdadeira no litoral de São Paulo entre os anos de 1998 a 2010.

Como se pode observar no gráfico, durante esse período de doze anos, houve uma tendência de pequena queda na descarga de sardinha-verdadeira, da ordem de 34 ton./mês. De forma geral, a produção total de pescado registrada para esse estado no ano de 2000 representou um decréscimo de cerca de 24% em relação ao registrado em 1998 e um aumento de 18% em relação ao registrado em 1999 (CARNEIRO *et al.*, 2000). É possível observar que essa flutuação é causada principalmente pela variação das capturas da sardinha-verdadeira, que no início do período sofreu um forte declínio, passando de aproximadamente 17 mil toneladas em 1998 para pouco mais de 5.500 t no ano seguinte, e seguido de um leve aumento, quase atingindo 7.000 t em 2000.

Mesmo com isso, essa espécie figurou como a principal descarga registrada dentre todos os pescados nesse estado entre os anos de 1998 e 2000, fazendo com que a produção pesqueira extrativa marinha de São Paulo contribuísse com cerca de 7% da produção nacional de todas as espécies, levando o estado a ocupar a sétima posição entre os principais estados produtores. (IBAMA, 2000).

No ano de 2001, a descarga da sardinha-verdadeira voltou a decrescer, não atingindo o valor de 5.000 ton. Desde o início do período analisado, foi a primeira vez que essa espécie passou da primeira para a segunda posição nos valores gerais de descarga no estado de São Paulo, perdendo essa posição para a corvina (*Micropogonias furnieri*) (INSTITUTO DE PESCA, 2003). Em 2002, os valores na descarga da sardinha-verdadeira voltaram a ter um leve aumento, chegando a contabilizar mais de 7.000 ton.

Neste mesmo ano entrou em vigor no estado de São Paulo, entre outros dispositivos legais, a Instrução Normativa (IN) N° 10/2002 do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que proibiu a pesca da sardinha-verdadeira durante o período de 1° de dezembro de 2002 a 28 de fevereiro de 2003. Como se vê na Figura 19, a ampliação do marco legal influencia diretamente nos valores da descarga dessa espécie.

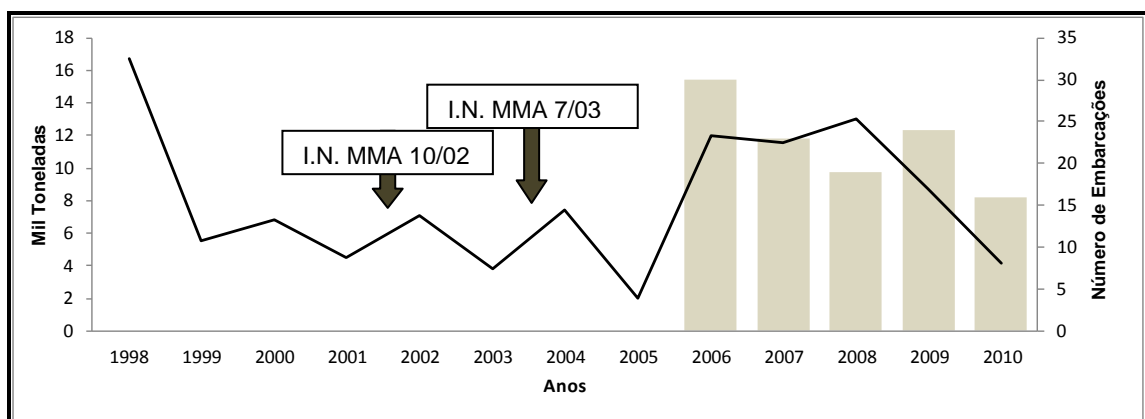


Figura 26: Valores de descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira, número de embarcações permissionadas e marcos legais, a partir dos anos que entraram em vigor, para a pesca da espécie.

Embora no ano de 2003 a descarga da sardinha-verdadeira tenha registrada uma acentuada queda, não chegando a atingir 4.000 ton., acabou como a segunda posição na descarga de todas as espécies no estado de São Paulo. Neste ano, os maiores valores

ocorreram nos meses de março e abril, logo depois do período de defeso (reprodução) em novembro, mês anterior ao início do defeso 2003/2004.

A partir de 2004, além da IN/MMA N°10/2002, também esteve vigente no estado de São Paulo a IN/MMA N°7/2003, que proibiu a pesca da sardinha-verdadeira no período de 2 de julho/2004 a 2 de setembro/2004. Mesmo com esses dois períodos de defeso, a sardinha-verdadeira obteve uma descarga de aproximadamente 7.5000 ton., se tornando novamente a primeira espécie em valores de descarga no estado. Como no ano anterior, o mês de março, após o defeso de verão, foi o mais representativo em valores neste ano.

Em 2005, houve uma redução de 14% no valor de descarga entre todas as espécies no estado de São Paulo, influenciado principalmente pela acentuada redução nos valores da sardinha-verdadeira, que não chegou a atingir 2 mil toneladas no total desse ano (ÁVILA-SILVA *et al.*, 2005).

Nos dois anos seguintes os valores de descarga da sardinha-verdadeira apresentaram uma acentuada elevação, chegando a atingir quase 12.000 ton. em 2006, sendo os meses de março e abril os mais representativos, e aproximadamente 11.5000 ton. em 2007, no qual os meses de agosto, outubro e novembro registraram os maiores valores. No ano de 2008, um aumento ainda maior na descarga dessa espécie foi observado, alcançando 13.000 ton., com os maiores valores registrados nos meses de outubro e novembro.

Em 2009 e 2010, foi observada uma redução no valor da descarga dessa espécie, totalizando pouco mais de 8.500 ton. no primeiro ano e reduzindo ainda mais, aproximadamente 4.000 ton. no ano seguinte, Em ambos os anos, os meses de março e outubro foram os maiores valores de descarga da sardinha-verdadeira no estado de São Paulo.

4.2. TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR (TSM)

A figura 20 mostra as médias anuais de TSM para a região de ocorrência da sardinha-verdadeira, entre o Cabo de São Tomé (RJ); (22, 015 °S) e o Cabo de Santa Marta (SC); (28,972 °S) em profundidades de 0 a 100 m dentro da PCSSB durante o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2010. O maior valor médio obtido durante esse período foi no ano de 2010, atingindo uma temperatura de 23,9 °C, já a menor média registrada ocorreu no ano de

1988 (22,3 °C), e o valor médio resultante de toda a série estudada foi de 23,17 °C e a tendência de elevação da TSM foi incrementada a uma taxa da ordem de 0,04 °C/ano.

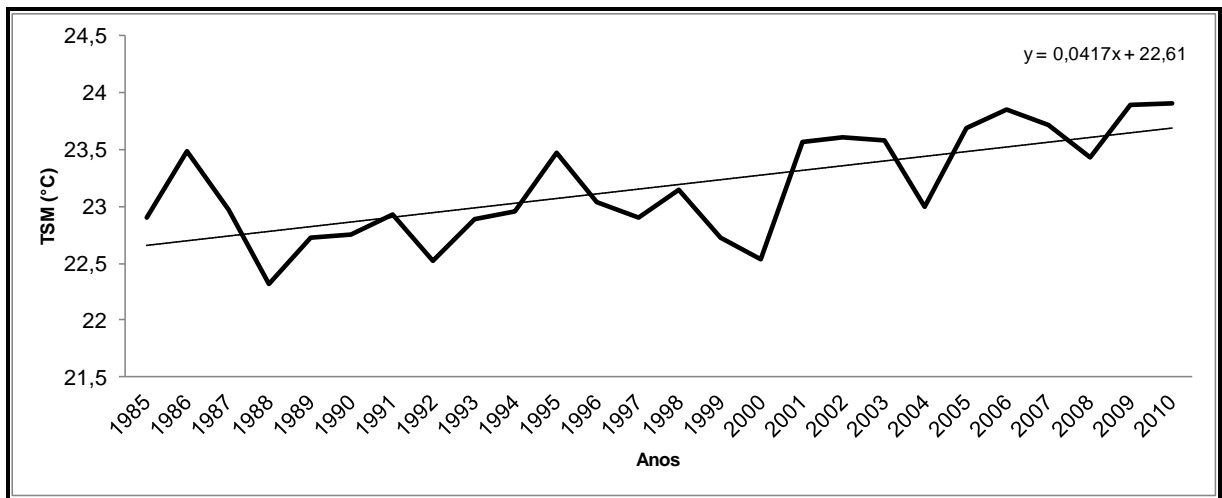


Figura 27: Médias anuais de TSM (°C) registradas dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB.

Pelo fato dos valores médios dos desvios padrão serem homogêneos, esses não foram incluídos no gráfico das médias de TSM. Em relação às médias dos desvios padrão anuais da TSM, o maior valor foi registrado no ano de 1985 (2,28 °C), enquanto o menor valor ocorreu em 1993 (0,71 °C). Durante todos os anos desse período a maior parte dos desvios padrões se manteve entre 0,8 e 1,1 °C. O valor médio dos desvios padrão para o período de janeiro de 1985 a dezembro de 2010 foi de 0,99 °C.

Durante esse período, a TSM máxima registrada dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira foi observada no mês de fevereiro de 2010, quando se atingiu uma temperatura de 32,1 °C, fazendo com que a média das temperaturas máximas tenha sido em torno de 29 °C. Já o menor valor registrado durante o período, ocorreu no mês de julho de 2007, quando foi registrada uma temperatura de 13 °C e a média total das temperaturas mínimas foi de 15,9 °C (Figura 21). Também é possível observar que as amplitudes das TSM mínimas, médias e máximas têm aumentado ao longo do tempo, o que sugere uma maior variabilidade na estrutura térmica de superfície na região. Do ponto de vista ecológico, uma maior variação nessa estrutura térmica pode permitir uma maior oportunidade para a diversificação de nichos e de competição por espaço nos ambientes marinhos superficiais. Aparentemente, pelas informações contidas em IBAMA (2011), os cardumes de sardinha têm

migrado para regiões mais quentes, ao norte do estado do Rio de Janeiro, especialmente durante o período de 2007 a 2009.

É importante observar que apesar dos dados de TSM referentes aos anos de 2007 a 2010 não terem possuído o mesmo tratamento que os anos anteriores, foram calculados os coeficientes de regressões lineares das TSM mínimas, médias e máximas para o período de 1985 a 2006 e também durante todo o período analisado, com isso, os valores da TSM mínima obtiveram um coeficiente de $-0,02$ °C/ano até 2006 e $-0,08$ °C/ano até 2010 e os valores de TSM máxima tiveram um coeficiente de $0,04$ °C/ano até o ano de 2006 a $0,1$ °C/ano até 2010. Enquanto que o coeficiente das TSM médias se mantiveram em $0,03$ °C/ano tanto até 2006 quanto até 2010.

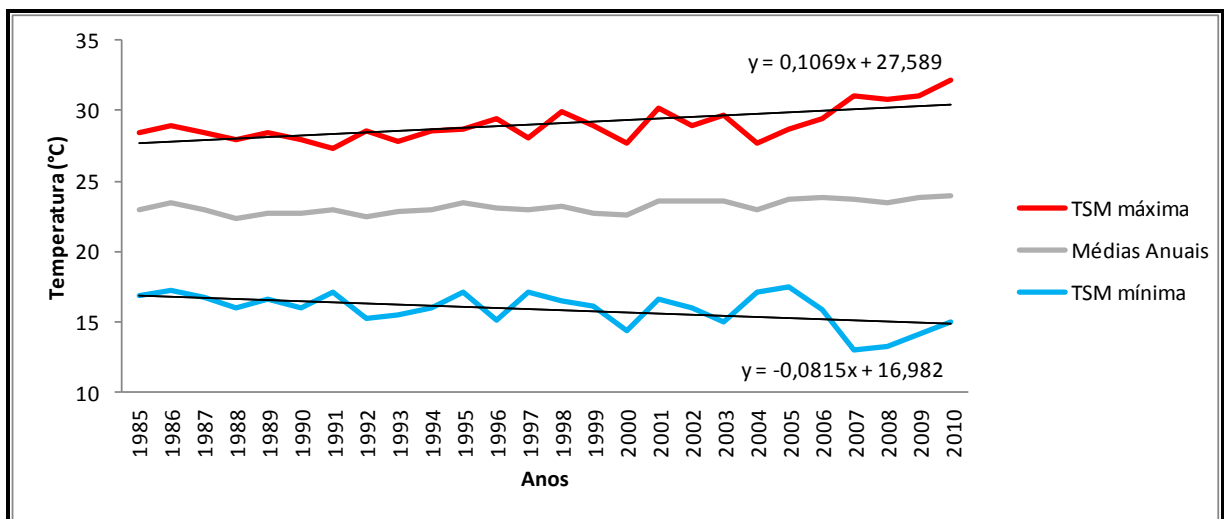


Figura 28: TSM (°C) anuais máximas, médias e mínimas registradas dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB.

As médias mensais de TSM para o período de janeiro de 1985 até dezembro de 2010 estão representadas na Figura 22, com clara presença do ciclo sazonal, em que se observam TSM mais altas durante o verão austral e mais baixas durante o inverno dessa região. Durante os meses de verão, as temperaturas tendem a se manter mais elevadas, com médias superiores a 26 °C. As temperaturas médias mais elevadas de todo o período foram observadas no mês de fevereiro, sendo que a maior no ano de 2001, com 28 °C, a segunda maior temperatura para este período também ocorreu no ano de 2010 ($27,9$ °C) e a terceira maior temperatura no ano de 2003, quando foi registrado $27,3$ °C.

Em relação às temperaturas médias mensais mais baixas registradas, observou-se que elas ocorreram durante os meses de julho, agosto e setembro, com valores em torno de 20 °C, sendo que no mês de agosto foi registrada a menor média (20,1 °C). As menores temperaturas médias, registradas durante todo o período, ocorreram no mês de agosto: a primeira no ano 2000, com 17,9 °C, a segunda menor média observada ocorreu em 1992 (18,4 °C), enquanto a terceira menor temperatura foi registrada no ano de 1990 (18,5 °C).

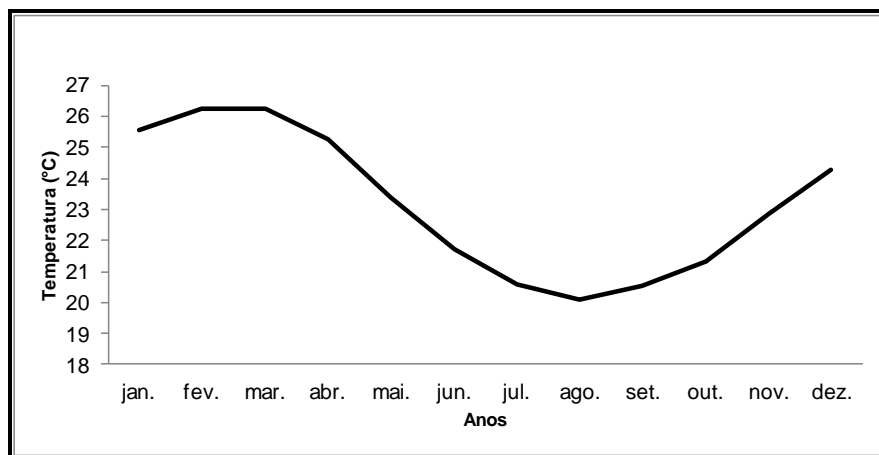


Figura 29: Médias mensais de TSM (°C) para a área de estudo durante o período de 1985 a 2010.

4.2.1. Anomalias da temperatura superficial do mar (ATSM)

A partir dos dados de TSM, foram calculadas as anomalias de TSM (ATSM), através da diferença entre os valores anuais e a média climatológica, (23,17 °C) entre 1985 e 2010. A Figura 23 apresenta as médias anuais de ATSM para a área de ocorrência da sardinha-verdadeira durante o período de 1985 a 2010. A menor anomalia foi observada no ano de 1988 (-0,85 °C), enquanto a maior anomalia registrada durante o período estudado aconteceu no ano de 2010 (0,74 °C).

Em relação às essas médias de ATSM, observa-se que, entre 1985 a 2000, os valores se mantiveram negativos, com exceção dos anos de 1986 e 1995. Já de 2000 a 2010, há um predomínio de valores de ATSM positivos – com exceção do ano de 2004, o que contribui com que a média de todo o período ficasse também positiva (0,24 °C).

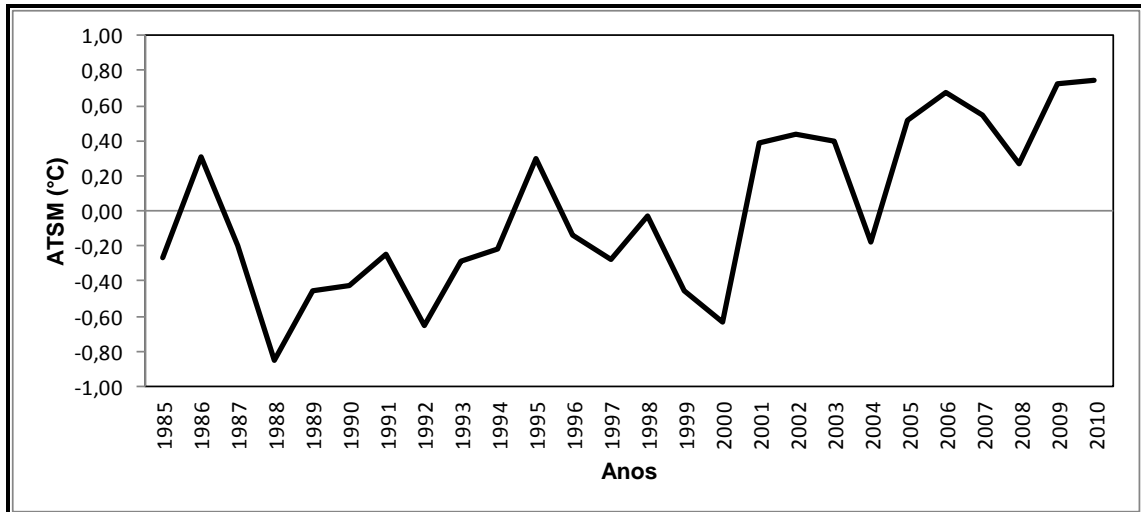


Figura 30: Médias anuais de ATSM (°C) registrados dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB.

A Figura 24 mostra as médias mensais de ATSM para o mesmo período na região de ocorrência da sardinha-verdadeira, durante os meses de verão austral (fevereiro e março). Foram estimadas anomalias mais positivas, resultando em uma média mensal de 2,97 °C e 3,04 °C respectivamente, enquanto nos meses de inverno austral (julho, agosto e setembro) foram calculadas as menores médias mensais de ATSM (-2,59 °C, -3,06 °C e -2,64 °C respectivamente).

O maior valor de ATSM foi registrado no mês de fevereiro de 2010, quando foi calculada uma anomalia de 4,81 °C, enquanto a segunda maior anomalia foi observada durante o mês de março de 2006 (4,17 °C). Em relação aos menores valores, ocorreram no mês de agosto de 1992 seguido do valor registrado em julho de 1996 (-4,7 e -4,38 °C respectivamente).

Ao se analisar a correlação linear entre os valores de descarga anuais da sardinha-verdadeira com a ATSM média da região de ocorrência da espécie durante o período de 1985 a 2010 ($r = -0,060$), verificou-se que através dessas amostras, não há evidências suficientes para apoiar a correlação entre esses dados.

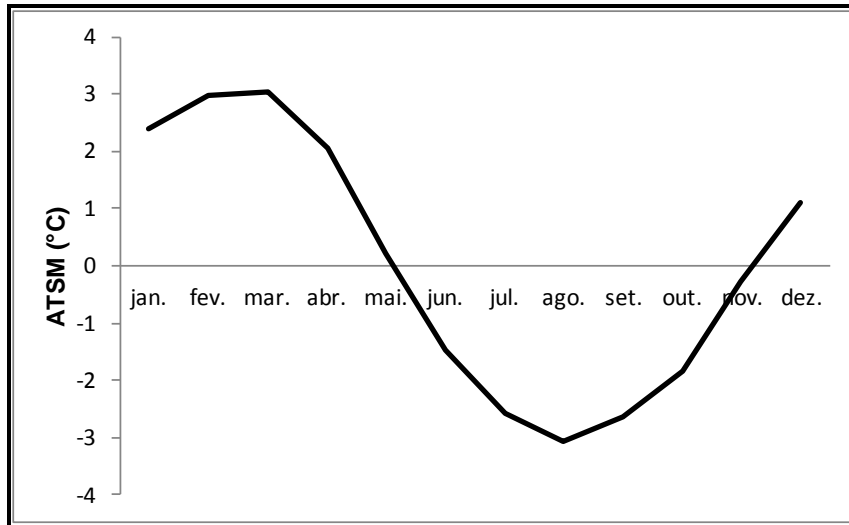


Figura 31: Médias mensais de ATSM (°C) registrados dentro da área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB durante os anos de 1985 a 2010.

4.2.2.1. Temperatura Superficial do Mar (TSM) no litoral do estado de São Paulo

As médias anuais de TSM para o litoral do estado de São Paulo (23,26 °S – 25,18 °S) entre profundidade de 0 a 100 m durante o período de Janeiro de 1998 a dezembro de 2010 são apresentadas na Figura 25.

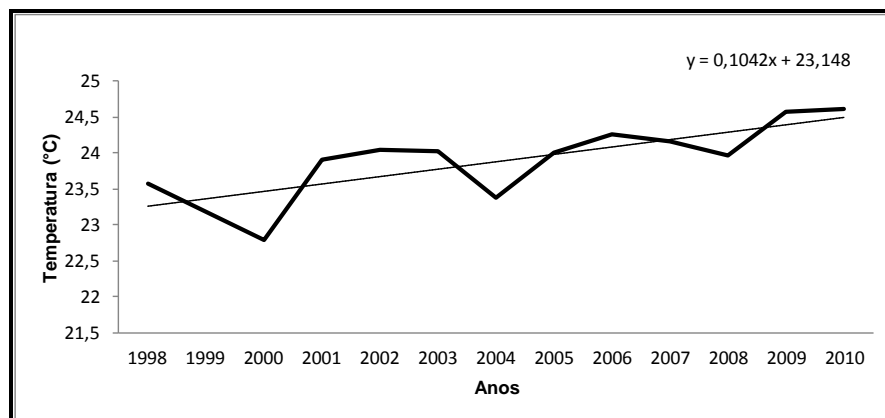


Figura 32: Médias de TSM (°C) para a região do litoral de São Paulo durante o período de 1998 a 2010.

A maior média de TSM, que ocorreu no ano de 2010, foi obtida uma média de temperatura de 24,6 °C, enquanto a menor média de TSM ocorreu no ano 2000, quando se registrou uma média de temperatura de 22,8 °C. A média total durante todo o período foi de 23,88 °C.

Já as médias dos desvios padrão para todo este período foi de 0,66. No ano de 2007 foi registrado o maior valor de desvio padrão (1,02 °C) e o menor valor foi observado no ano de 2005 (0,46 °C) (Figura 26).

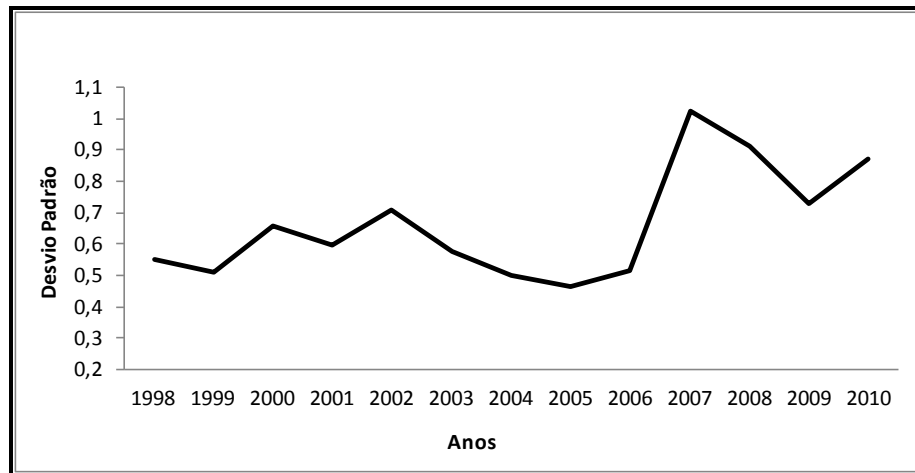


Figura 33: Médias (°C) anuais dos desvios padrão durante o período de 1998 a 2010, para as TSM ao largo do litoral de São Paulo.

Em relação às médias mensais obtidas durante janeiro de 1998 e dezembro de 2010 (Figura 27), pode-se observar que as médias máximas ocorreram nos meses de fevereiro e março, sendo que a maior média de temperatura registrada durante este período foi no mês de março (26,9 °C), embora a máxima temperatura tenha sido registrada no mês de fevereiro de 2010, quando se observou uma temperatura de 28,2°C, mesmo ano em que foi registrada a maior média anual de TSM em toda a área de ocorrência da sardinha-verdadeira.

Durante os meses de agosto e setembro se concentraram as menores médias de TSM, sendo que em agosto foi registrada a menor média (21,1 °C), o menor valor ocorreu neste mesmo mês no ano de 2000, quando a temperatura registrada foi de 18,3 °C. A menor média anual de TSM em toda a área de ocorrência da espécie durante esse mesmo período foi registrada no ano de 2000 (21,13 °C), neste ano, durante sete meses foram registradas as temperaturas mínimas de todo o período analisado, contribuindo para que o ano de 2000 representasse a menor média de TSM.

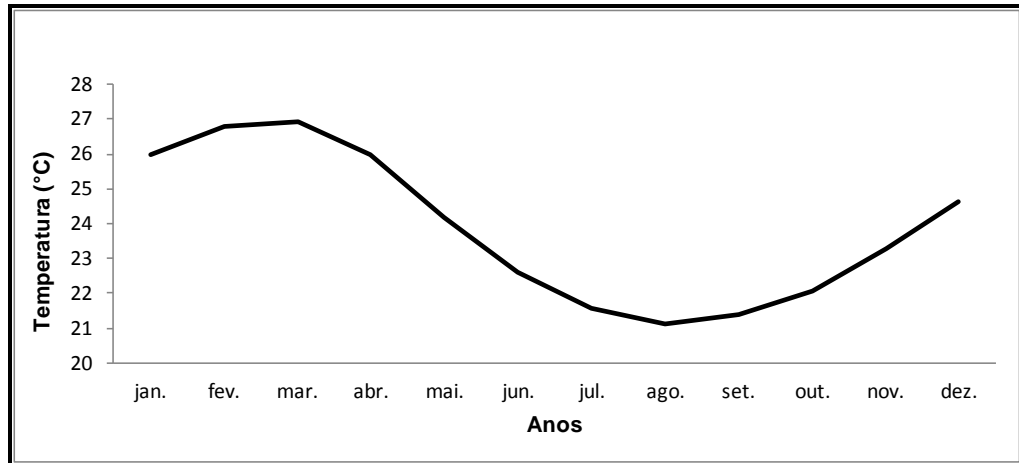


Figura 34: Médias mensais de TSM (°C) para o litoral de São Paulo de 1998 a 2010.

4.2.2.2 Anomalias da Temperatura Superficial do Mar no litoral do estado de São Paulo (ATSM)

As anomalias de TSM foram calculadas a partir da diferença entre as médias anuais e mensais com a média climatológica total (24,11 °C) para a região do estado de São Paulo. Através da Figura 28, é possível observar as médias anuais de ATSM para este estado durante os anos de 1998 a 2010.

Durante o período analisado, foi possível observar que a maior média de ATSM, assim com em toda área de ocorrência da sardinha-verdadeira, ocorreu no ano de 2010, que apresentou um valor de 0,72°C. Já a menor média de ATSM durante esse mesmo período foi observada no ano de 2000 (-1,08°C). Enquanto a média de todos esses anos foi de 0,73°C. Nesse período, o mês de março foi o que teve o maior caso de médias de ATSM máximas, enquanto os meses de agosto e setembro registraram as menores médias de ATSM.

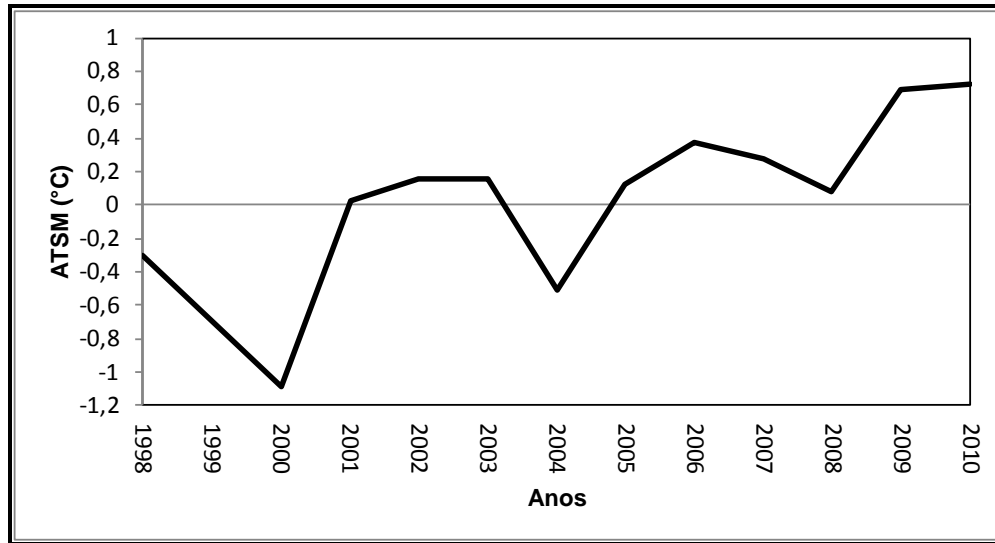


Figura 35: Valores médios de ATSM (°C) para o litoral de São Paulo durante o período de 1998 a 2010.

A Figura 29 representa as médias mensais das ATSM, na qual, como citado anteriormente, o mês de março foi o que registrou a maior média (3,03 °C), sendo que o maior valor foi registrado nesse mesmo mês durante o ano de 1998 (4,29 °C). Enquanto que no mês de agosto foi encontrada a menor média de ATSM (-2,75 °C), nesse mesmo mês, durante o ano de 2000 foi registrado o valor mais baixo dessa anomalia (-5,56 °C).

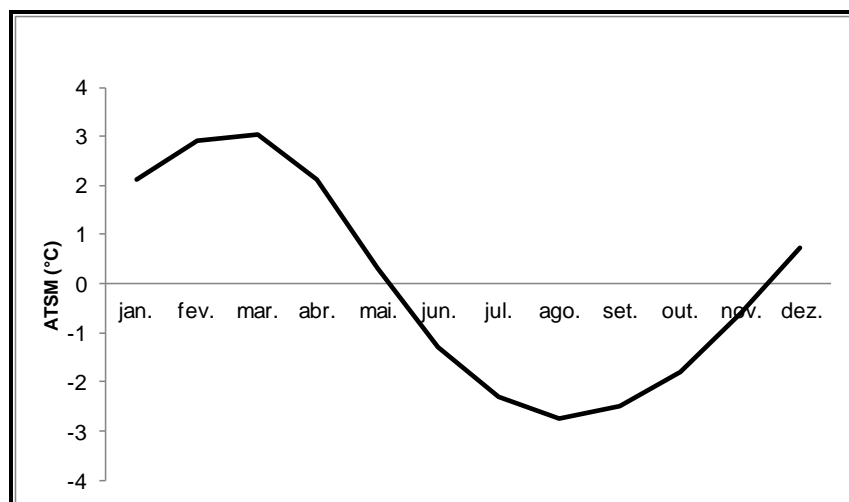


Figura 29: Médias (°C) mensais de ATSM para o litoral de São Paulo durante os anos de 1998 a 2010.

Assim como observado na correlação na área de ocorrência da espécie, quando calculada a correlação linear entre os valores de descarga mensal da sardinha-verdadeira com a ATSM média do litoral de São Paulo, durante o período de janeiro de 1998 a dezembro de

2010. O resultado obtido através dessa amostra ($r = 0,110$) também não mostrou evidências suficientes para apoiar uma correlação significativa entre esses dados.

4.3. DESCARGAS DA SARDINHA-VERDADEIRA E EVENTOS ENOS

A Figura 30 representa os anos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, além da descarga da sardinha-verdadeira em sua área de ocorrência na PCSSB. É possível observar que nos seis primeiros episódios de El Niño dentro da série estudada, até o ano de 1983, os valores de descarga da sardinha-verdadeira apresentaram uma elevação sempre significativa em relação aos anos anteriores desses fenômenos. No episódio do ano de 1972-1973, que foi considerado de alta intensidade, foram registrados os maiores valores históricos de descarga já obtidos, elevação esta também observada no episódio de alta intensidade dos anos de 1982-1983. Nos episódios seguintes a este, a descarga dessa espécie apresentou um declínio em praticamente todos os eventos El Niño, como fica evidente durante os períodos de 1986-1988, 1995, 1998 e 2005. Durante o episódio do ano de 2007, os valores de descarga apresentaram um ligeiro aumento.



Figura 30: Valores de descarga da sardinha-verdadeira (mil ton.) e anos de ocorrência de eventos El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis) para o período de 1964 a 2010, com base na classificação ONI. Círculos pontilhados representam recordes de descarga de sardinha-verdadeira.

Após esses eventos de El Niño, é possível observar, uma redução na descarga da sardinha-verdadeira, o que é bem demonstrado após os episódios dos anos de 1973, 1983, 1998 e 2005.

Em episódios de La Niña, observa-se que nos episódios que antecederam a descarga máxima da sardinha-verdadeira, os valores se mantiveram em elevação. Após isso, somente nos episódios dos anos de 1989, 1996, no final do período de 1998-2001 e em 2008 as descargas indicaram um aumento. Nos outros episódios de La Niña foram observadas quedas representativas nesses valores, como se observa no final do episódio de 1970-1973 e 1998-2000. Após os episódios de La Niña, diferente do que acontece após eventos de El Niño, é observado um aumento na descarga da sardinha-verdadeira, principalmente após os episódios de La Niña nos anos de 1985, 1996 e 2008, com respectivos aumentos nas descargas de sardinha-verdadeira nos anos seguintes (1986, 1997 e 2009). Apesar de uma série “curta” de dados, sugere-se a possibilidade da presença de oscilações de ordem decadal nas variações temporais de descarga de sardinha-verdadeira, inclusive demonstrado pelo recorde histórico de captura de sardinha-verdadeira no ano de 1973 (desde o início dos registros em 1964), apesar do período ter passado por condições de El Niño. Ou seja, esse ciclo decadal de descarga da sardinha-verdadeira estaria no início do quarto ciclo desde o início dos registros, com evidências que mostram o declínio da descarga da espécie. Ciclos similares são discutidos nas séries temporais de ATSM.

Em 2000, ano em que foi observado o menor valor da descarga da sardinha-verdadeira na PCSSB, a descarga foi de aproximadamente 17.000 t, foi registrada a ocorrência de um episódio de La Niña de intensidade moderada, vindo após um episódio de alta intensidade de El Niño.

A Figura 31 representa os fenômenos ENOS e a descarga da sardinha-verdadeira para os três estados que possuem os valores de descarga mais representativos dentro da área e ocorrência da espécie, após uma análise dos eventos – de acordo com a classificação ONI, de El Niño considerados de alta intensidade (1972-1973, 1982-1983, 1990-1993 e 1997-1998) e La Niña também considerados de alta intensidade (1973-1976 e 1988-1989).

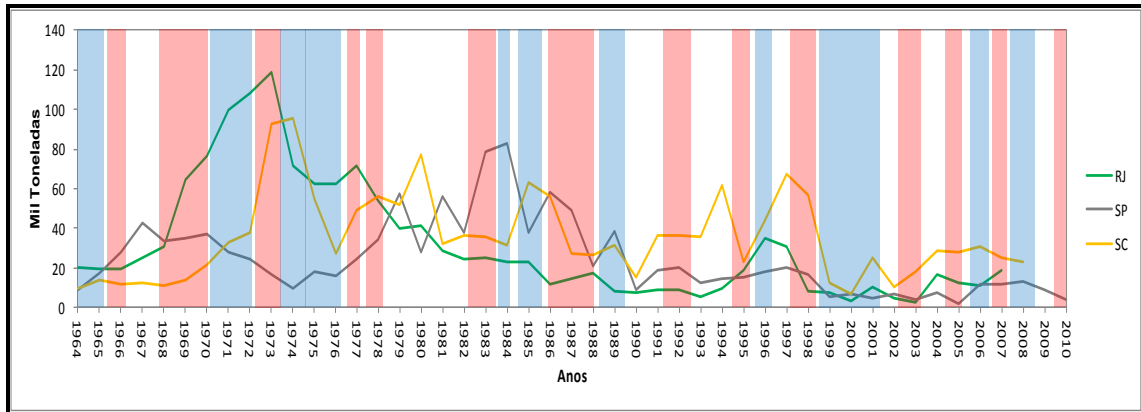


Figura 31: Valores de descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira para os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina e anos de ocorrência de fenômenos El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis).

Em relação ao El Niño de 1972-1973, foi possível observar os maiores valores de descarga da história desta espécie em toda sua área de ocorrência, principalmente no segundo ano do episódio, influenciados pelos maiores valores registrados nos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina. Já no estado de São Paulo, durante esse episódio de El Niño, os valores sofreram um forte declínio, passando de 28.000 ton. no ano de 1972 para 8.000 ton. no ano seguinte.

Durante o período de 1982-1983, considerado um dos fenômenos El Niño mais intensos já registrados na história, pode-se observar que o valor total de descarga da sardinha-verdadeira, em toda sua área de ocorrência reduziu-se para pouco menos de 100.000 ton. no primeiro ano elevando-se no ano seguinte, atingindo um valor próximo a 140.000 ton. Nos estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina, não foram observadas alterações significativas neste período de El Niño, enquanto no estado de São Paulo, foi observada uma elevação considerável nos valores de descarga desta espécie no ano de 1984, chegando a ser registrado um total de 82.840 ton.

No episódio El Niño dos anos de 1990-1993, pode observar-se que ocorreu uma recuperação no valor de descarga total da sardinha-verdadeira na PCSSB, passando de aproximadamente 32.000 ton. no ano de 1990 para 64.294 e 64.842 ton. nos anos de 1991 e 1992 respectivamente. O mesmo comportamento pode ser visto no estado de Santa Catarina, que no ano de 1990 registrou-se aproximadamente 15.000 ton., atingindo 61.505 toneladas no final deste período. Em São Paulo houve um aumento considerável na descarga, passando de aproximadamente 8.000 ton. em 1990, para aproximadamente 20.000 ton. no ano de 1992,

reduzindo-se para pouco mais de 12.000 ton. em 1993. No estado do Rio de Janeiro os valores de descarga que se mantinham próximo de 8.000 ton. no ano de 1990, reduziram-se para aproximadamente 5.000 ton. em 1993.

Nos anos de 1997-1998, outro período de El Niño considerado de alta intensidade, foi observada uma redução nos valores de descarga da sardinha-verdadeira em toda sua área de ocorrência, passando um total de 117.623 ton. no ano de 1997 para aproximadamente 82.000 ton. no ano de 1998. O mesmo ocorre no estado de Santa Catarina, na qual atingiu 67.149 ton. no primeiro ano reduzindo-se para 57.157 ton. no ano seguinte, como também no Rio de Janeiro, que passou de 30.570 ton. em 1997 para 8.376 ton. no ano seguinte e São Paulo, que em 1997 registrou 19.940 ton., reduziu este valor para 16.751 ton. em 1998. Após este período de El Niño, foi observada uma redução ainda maior nos valores de descarga desta espécie em sua área de ocorrência assim como também nos três estados separadamente.

Em relação a anos de ocorrência do fenômeno La Niña, considerados de alta intensidade, como durante os anos de 1973-1976, que ocorreu após um fenômeno El Niño de alta intensidade, os valores de descarga da sardinha-verdadeira apresentaram uma considerável redução, atingindo 105.276 ton. no ano de 1976, influenciado pela também redução nos estados de Santa Catarina, que atingiu seu maior valor em 1973 (aproximadamente 92.000 ton.), e passou para 26.930 ton. em 1976 e no Rio de Janeiro, onde os valores decaíram consideravelmente durante este período (118.994 ton. em 1973 para 62.396 ton. em 1976). No estado de São Paulo, não foram observadas alterações significativas nos valores de descarga desta espécie.

Em outro período de La Niña intenso, durante os anos de 1988-1989, foi possível observar que após este período também houve um decréscimo no valor de descarga da sardinha-verdadeira (aproximadamente 78.000 ton. 1989 para pouco mais de 32.000 ton. no ano seguinte). O mesmo ocorreu em Santa Catarina, que passou de 31.406 ton. em 1989 para 15.634 ton. no em 1990, no estado do Rio de Janeiro (passou de 17.380 ton. em 1988 para pouco mais de 8.000 ton. em 1989). No estado de São Paulo, assim como observado no período anterior de La Niña de alta intensidade, não se observou uma mudança nos valores de descarga da sardinha-verdadeira.

4.3.1. Descarga da sardinha-verdadeira e eventos ENOS no litoral do estado de São Paulo

A Figura 32 representa a descarga da sardinha-verdadeira no litoral do estado de São Paulo e os períodos de ocorrência de fenômenos ENOS.

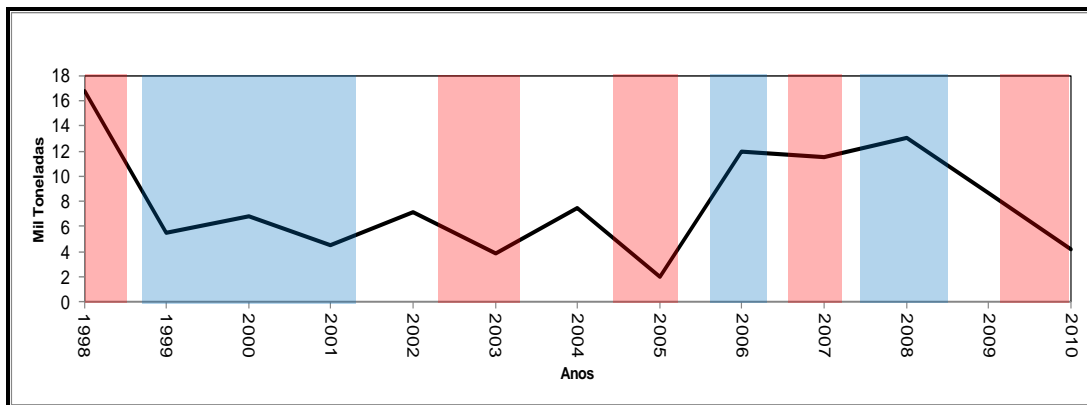


Figura 32: Valores de descarga (mil ton.) da sardinha-verdadeira para o estado de São Paulo e anos de ocorrência de fenômenos El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis) para o período de 1998 a 2010.

Através da análise da descarga da sardinha-verdadeira a partir do ano de 1998 e a ocorrência de fenômenos ENOS, é possível observar que em praticamente todos os períodos El Niño houve uma redução nos valores, principalmente após o episódio de alta intensidade que ocorreu durante os anos de 1997-1998, outra grande redução também foi observada durante o episódio de 2004-2005. Mesma situação ocorreu com o valor geral da descarga dessa espécie em toda sua área de ocorrência.

Observa-se também que após os eventos de El Niño, os valores da descarga apresentam elevações, com exceção do episódio de 1997-1998, quando se observou uma grande redução nos valores, após todos os outros períodos foi observada essa elevação, principalmente após o episódio de 2004-2005, que ocorreu antes de um episódio de La Niña de moderada intensidade.

Em episódios de La Niña, ao contrário do que ocorreu durante os episódios de El Niño, a descarga da sardinha-verdadeira apresentou elevações em seus valores, o que foi observado em todos os períodos de ocorrência desses fenômenos (1998-2001, 2006 e 2008). Principalmente nos episódio que atuou durante o ano de 2006, quando o valor elevou-se em 5

vezes comparado com o ano anterior, que teve a presença do fenômeno El Niño. Com exceção do período de La Niña de 1999-2001, após todos os outros episódios há uma redução nos valores de descarga. Novamente representando situação contrária do que acontece após episódios de El Niño.

4.4. ATSM E EVENTOS ENOS

Os valores de ATSM para a região de ocorrência da sardinha-verdadeira assim como também e os períodos de El Niño e La Niña - índice ONI, durante o período de 1985 a 2010 estão representados na Figura 33.

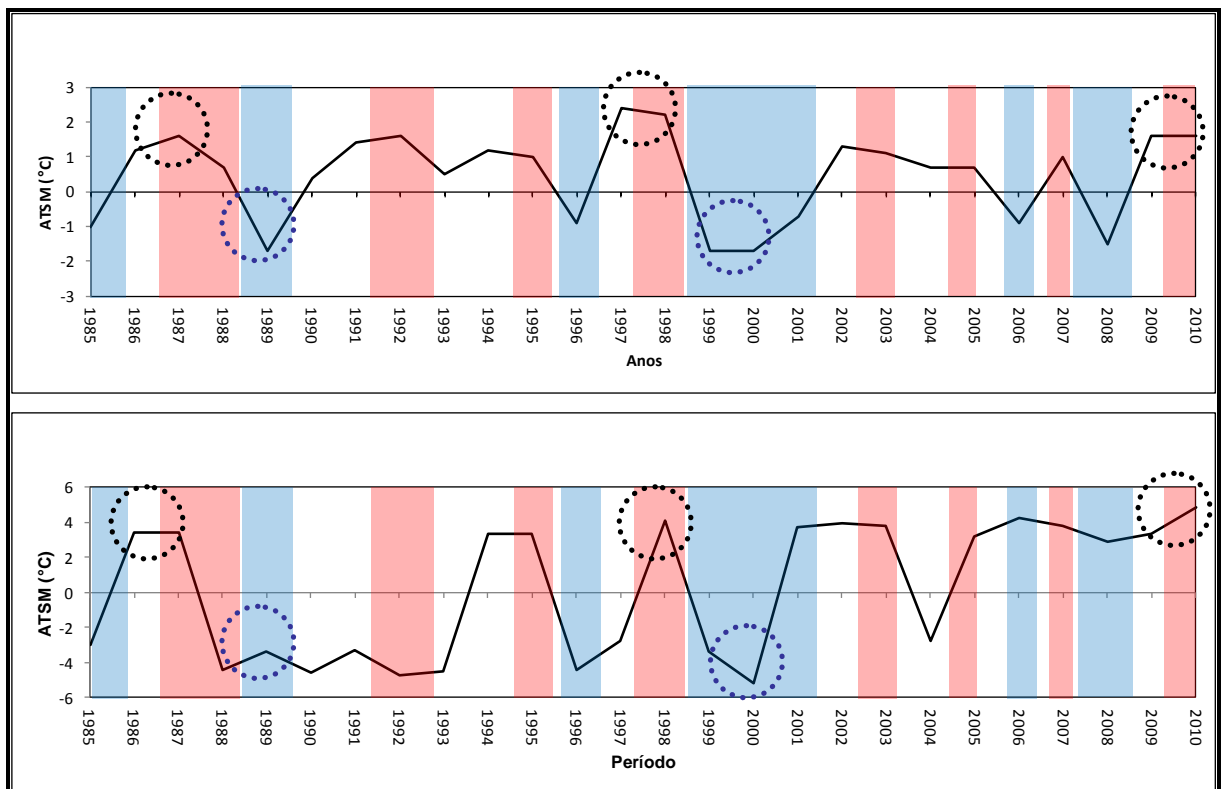


Figura 33: Valores máximos de ATSM (°C) (linhas) e períodos de El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis). O gráfico superior representa valores de ATSM para a região NINO 3.4 no Oceano Pacífico e o gráfico inferior valores de ATSM para a área de ocorrência da sardinha-verdadeira na PCSSB durante o período de 1985 a 2010. Círculos pontilhados representam ATSM de El Niño (pretos) La Niña (azuis).

É possível observar que na maior parte dos anos em que há a atuação de fenômenos ENOS, o comportamento das anomalias máximas de temperatura registradas no Oceano Pacífico e na PCSSB possuem comportamentos semelhantes. Em anos de ocorrência de El Niño, a ATSM na região de ocorrência da sardinha-verdadeira resulta em valores positivos, com exceção do final do episódio de 1986-1988 e no período de alta intensidade de El Niño, entre os anos de 1991-1992, que resultou em anomalias negativas ($-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente).

Durante episódios de La Niña, também se observa uma semelhança entre as ATSM do Pacífico e da PCSSB na maior parte dos episódios. Quando na ocorrência desse fenômeno, as anomalias são negativas, a não ser no final do período de La Niña de 1999-2001 (La Niña de intensidade moderada). No período foram registradas anomalias positivas, embora tenham sido observados valores negativos no meio do período, e durante o episódio de 2007-2008, que também apresentou anomalias positivas ($3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente).

4.4.1. ATSM registradas no estado de São Paulo e eventos ENOS

A comparação entre os valores máximos das ATSM do Oceano Pacífico com as anomalias máximas registradas na PCSSB e na região de São Paulo, mostra que somente no início do período analisado essas anomalias se comportaram de maneira semelhante em ambas regiões, apresentaram valores negativos extremos nos valores durante o episódio La Niña dos anos 1999-2001, elevando-se após esse episódio (Figura 34).

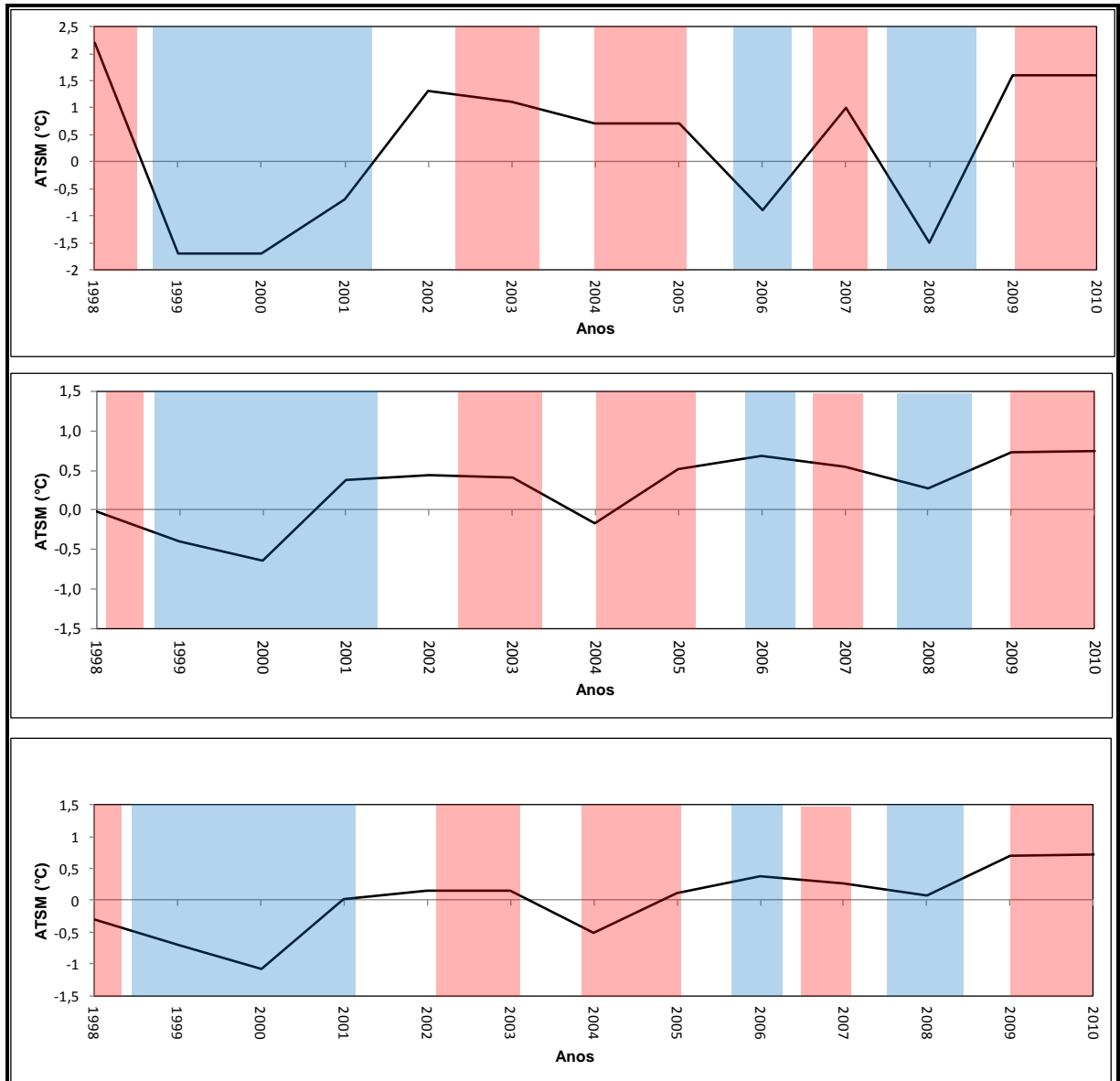


Figura 34: Valores máximos de ATSM (°C) (linhas) e períodos de El Niño (caixas vermelhas) e La Niña (caixas azuis). O gráfico superior representa valores de ATSM para a região NINO 3.4 no Oceano Pacífico, o gráfico do meio as ATSM da PCSSB e o gráfico inferior valores de ATSM para a área do estado de São Paulo durante o período de 1998 a 2010.

Após isso, entre os episódios de El Niño 2002-2003 e 2004-2005, foram registradas anomalias negativas no período intermediário entre esses eventos na PCSSB e no estado de São Paulo, voltando a ficar positiva no decorrer desse segundo episódio. Já no Oceano Pacífico as anomalias se mantiveram positivas até a ocorrência do evento La Niña de 2006.

No ano de 2005 em diante, as anomalias na PCSSB e no estado de São Paulo mantiveram valores positivos, mesmo nos anos de ocorrência dos eventos La Niña, como os

de 2006 e 2008, enquanto que as anomalias no Oceano Pacífico apresentaram valores negativos nesses dois episódios.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo, observou-se que a descarga da sardinha-verdadeira exibiu tendência geral de declínio, em longo prazo (ordem de décadas), apesar de ter tido períodos de recuperação, entre 1985 e 2010. Nas regiões Sudeste/Sul, essa tendência já se apresentava clara no início do período analisado, com sinais de esgotamento e de eventual colapso da pescaria, o que veio a afetar profundamente a atividade do setor sardinheiro nos anos seguintes.

No final da década de 1990, a descarga dessa espécie obteve um alto valor comparado com o decréscimo ocorrido nos anos anteriores, às estimativas de biomassa dos estoques desovantes apontaram valores abaixo do patamar médio, evidenciando-se um colapso em proporções ainda maiores do que o registrado no início de 1990. Os valores sobre a descarga nos anos 2000 apontam para uma terceira fase em que, após a menor produção registrada em 2000, passou a ocorrer uma leve, mas continuada recuperação da produção em 2009.

O estado de Santa Catarina é onde preferencialmente ocorre a maior descarga da sardinha-verdadeira, representando 39% do total. Os valores de descarga nesse estado se mantiveram em torno da média durante quase todo o período analisado, embora nos últimos dez anos não tenham superado o valor médio em comparação com as condições nacionais. Esses valores podem ser refletidos pelo tamanho da frota pesqueira que atua nessa região como também pelo número de descarga que ocorre nos portos desse estado, não necessariamente por haver mais concentração de sardinhas nessa costa.

O Rio de Janeiro representou o segundo lugar em descarga dessa espécie na PCSSB (34%), onde é notável decréscimo contínuo no decorrer do período, quando na primeira metade, até o ano de 1980, os valores se mantiveram bem superiores à média total, enquanto que após este ano, a descarga da sardinha-verdadeira só atingiu o valor médio nos anos de 1996 e 1997, voltando a sofrer uma redução após este período. Em relação ao comportamento da linha de tendência da regressão linear nesse estado, especula-se uma possível inviabilidade

financeira da atividade em torno da pesca da sardinha-verdadeira, salvo se confirme a tendência de migração dos cardumes para a costa norte daquele estado.

São Paulo é terceiro estado em representação na descarga da sardinha-verdadeira, com 27%, quando comparado os valores nesse estado com os demais estados que abrangem a área de ocorrência da espécie, que atingiram os valores máximos no início da década de 1970, em São Paulo, o valor máximo aconteceu na metade da década de 1980. Após registrar seu máximo valor, observou-se um declínio no decorrer dos anos, atingindo resultados muito abaixo da média no início dos anos 2000, apesar de uma recuperação relativa nos anos mais recentes. A taxa de declínio da descarga da sardinha-verdadeira para o período foi em torno de 605 ton./ano.

Quando analisada a série mensal de descarga para São Paulo, a partir de 1998, observou-se que durante um período de doze anos, há uma tendência de pequena queda na descarga de sardinha-verdadeira, da ordem de 34 ton./mês. Mesmo com isso, essa espécie figurou como a principal descarga registrada dentre todos os pescados nesse estado entre os anos de 1998 e 2000, com uma acentuada queda no início dos anos 2000 essa espécie acabou perdendo essa primeira colocação, a partir de 2004 entrou em vigor dois períodos anuais de defeso da espécie. Mesmo com isso, a sardinha-verdadeira se tornou novamente a primeira espécie capturada no estado. Após uma redução nos valores de descarga no ano de 2005, nos três anos posteriores foi observada uma acentuada elevação, voltando a decrescer no final do período (2009-2010).

Ao se analisar os valores de descarga total da sardinha-verdadeira com anos de ocorrência de fenômenos ENOS, se observou que ocorreu uma redução nos valores de descarga após períodos de eventos El Niño, principalmente durante os episódios dos anos de 1973, 1983, 1998 e 2005. Já em anos de episódios de La Niña, diferente do que ocorreu após eventos de El Niño, observa-se um aumento na descarga, principalmente após os episódios dos anos de 1985, 1996 e 2008, com respectivos aumentos nos anos posteriores (1986, 1997 e 2009).

Em relação às descargas da sardinha-verdadeira no litoral de São Paulo e eventos ENOS, observou-se que em praticamente todos os períodos El Niño houve uma redução nos valores, principalmente após o episódio de alta intensidade que ocorreu durante os anos de 1997-1998 e também durante o episódio de 2004-2005. O mesmo comportamento foi

observado com o valor total dessa espécie em sua área de ocorrência. Em eventos de La Niña, a descarga da sardinha-verdadeira apresentou elevações em seus valores, o que foi observado em todos os episódios entre 1998 e 2010, com exceção do 1999-2001. Após todos os outros períodos de La Niña observou-se uma redução nos valores de descarga, representando situação contrária ao que acontece em episódios de El Niño.

A partir dos dados de TSM para a área de ocorrência da sardinha-verdadeira, entre os anos de 1985 a 2010, obteve-se uma média climatológica de 23,17 °C. Através dessa média foram calculadas os valores de ATSM anuais, na qual obteve a maior média no ano de 2010 (0,74 °C) e a menor no ano de 1988 (-0,85 °C). Observou-se que entre 1985 a 2000 os valores de ATSM se mantiveram negativos, com exceção de 1986 e 1995, e entre 2000 e 2010 houve um predomínio de valores positivos, com exceção de 2004. O que fez com que a média anual de ATSM durante todo o período ficasse em 0,24 °C.

Outro fator importante na variação da TSM nessa região é a amplitude térmica observada, no qual essas amplitudes nas temperaturas máximas e mínimas têm aumentado ao longo do tempo, sugerindo uma maior variabilidade na estrutura térmica de superfície na região, o que colocaria em dúvida a resposta ecológica da espécie. Aparentemente, pelas informações contidas em IBAMA (2011), os cardumes de sardinha têm migrado para regiões mais quentes, ao norte do estado do Rio de Janeiro, especialmente durante o período de 2007 a 2009, o que evidencia a possível migração desses cardumes mais ao norte, em temperaturas relativamente mais altas.

Quando se comparam essas anomalias com anos de ocorrência de eventos ENOS, observou-se que na maior parte dos anos em que há a atuação desses eventos, o comportamento das anomalias máximas de temperatura registradas no Oceano Pacífico e na PCSSB possuem comportamentos semelhantes. Em anos de ocorrência de El Niño, a ATSM na região de ocorrência da sardinha-verdadeira resulta em valores positivos, com exceção do final do episódio de 1986-1988 e no período de alta intensidade de El Niño, entre os anos de 1991-1992, que resultou em anomalias negativas. Enquanto em anos de ocorrência de La Niña também se observa uma semelhança entre as ATSM do Pacífico e da PCSSB na maior parte dos episódios.

Ao se analisar os valores de TSM para o litoral de São Paulo, durante o período de 1998 a 2010, obteve-se uma média climatológica de 23,88 °C. Com isso foram calculadas as

médias mensais de ATSM para essa região, onde se observou que a maior média, assim como na PCSSB, ocorreu no ano de 2010 (0,72 °C), enquanto a menor média foi observada no ano de 2000 (-1,08 °C). Durante esse período, o mês de março foi o que registrou as maiores médias de ATSM (3,03 °C), assim como o maior valor foi registrado nesse mesmo mês durante o ano de 1998 (4,29 °C), enquanto o mês de agosto representou às menores médias (-2,75 °C) sendo que nesse mês, no ano de 2000, foi observado o menor valor (-5,56 °C).

As correlações entre a descarga da sardinha-verdadeira e a ATSM no litoral de São Paulo durante os anos de 1998 a 2010 foram da ordem de 0,11. O que nos faz a pensar se as variações térmicas não estão sendo predominantes na escolha do ambiente preferencial para seu ciclo de vida?

Em relação aos valores de ATSM em anos de ocorrência de fenômenos ENOS no litoral de São Paulo, observou-se que os valores máximos de ATSM no Oceano Pacífico e os valores máximos de ATSM para essa região mostraram que somente no início do período as anomalias se comportaram de maneira semelhante, apresentando valores negativos extremos durante o episódio de La Niña dos anos de 1999-2001. Após isso, foram registradas anomalias negativas durante os episódios de El Niño de 2002-2003 e 2004-2005, tanto na PCSSB quanto no litoral de São Paulo. A partir de 2005, as anomalias nesse estado se mantiveram positivas mesmo em anos de ocorrência de eventos de La Niña.

Para estudos futuros, sugere-se a continuidade de coleta permanente de dados, preferencialmente em frequência mensal – inclusive para verificação das hipóteses levantadas, assim como de análises multivariadas entre fatores ambientais, sociais, econômicas e legais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A. C. Z.; JABLONSKI, S. **Conservação da biodiversidade costeira e marinha do Brasil**. Megadiversidade, v. 1, n° 1, 2005. p. 43-51.

ÁVILA-DA-SILVA, A. O.; CARNEIRO, M. H.; FAGUNDES, L. **Sistema Gerenciador de Banco de Dados de Controle Estatístico de Produção Pesqueira Marítima – ProPesq**. In: XI congresso brasileiro de engenharia de pesca / I congresso latino-americano de engenharia de pesca. Anais, v. 2, 1999. p.824-832.

ÁVILA-DA-SILVA, A.O.; CARNEIRO, M.H.; MENDONÇA, J.T.; SERVO, G.J. de M.; BASTOS, G.C.C.; OKUBO-DA-SILVA, S.; BATISTA, P.A. **Produção pesqueira marinha do Estado de São Paulo no ano 2004**. Sér. Relat. Téc. São Paulo, v. 20, 2005. p.1-40.

BAKUN A.; PARRISH R. H. **Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the brazilian sardine (*Sardinella aurita*)**. J. Cons. perm. int. Explor. Mer. v. 46, n° 3, 1990, p. 269-283.

BAKUN, A. **Ocean triads and radical interdecadal variation: bane and boon to scientific fisheries management**. In: PITCHER, T.J.; HART, P.J.; PAULY, D. Reinventing Fisheries Management. London: Kluwer Academic Publishers, 1998.

CADIMA, E. L. **Manual de avaliação de recursos pesqueiros**. FAO: Documento Técnico sobre as Pescas. FAO. Roma, n° 393, 2000. p. 162.

CAMPOS, E. J. D.; LORENZZETTI, J. A.; STEVENSON, M. R.; STECH, J. L.; SOUZA, R. B. **Penetration of waters from the Brazil-Malvinas confluence region along the South American continental shelf up to 23°S**. Acad. Bras. Ciências. Anais, n° 68, 1996. p. 49-58.

CAMPOS, E. J. D; LENTINI, C. A. D; MILLER, J. L.; PIOLA, A. P. **Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil Bight**. Geophysical Research Letters, v. 26, n°14, 1999. p. 2061-2064.

CARNEIRO, M. H.; FAGUNDES, L.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O; SERVO, G. J. M. **Produção pesqueira Marinha do Estado de São Paulo 1998-1999**. Sér. Relat. Téc. São Paulo, v. 1, 2000. p. 1-10.

CASTELLO, J. P. **Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*)**. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA-REVIZEE. Análise/Refinamento de Dados sobre Prospecção Pesqueira. Departamento de Oceanografia. Fundação Universidade do Rio Grande, 2006. p. 15

CASTRO, B. M. **Estado atual do conhecimento dos processos físicos das águas da plataforma continental sudeste do Brasil**. II simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira. Academia de ciências Águas de Lindóia. São Paulo, n°. 1, 1990. p. 1-19.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. **Physical oceanography of western atlantic continental shelf located between 4° N and 34° S**. The sea. v. 11, 1998. p. 209-251.

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. Edusp. São Paulo, 2006. p. 11-120.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B.; MIYAO, S. Y. **Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala**. Bolm. Inst. Oceanogr. São Paulo, n° 35, 1987. p. 135-151.

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

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. **Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S coastal segment (4,W)**. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (Ed.). The Sea. New York: John Wiley & Sons, v. 11, 1998. p. 206-251.

CEPERG. **Desembarque de pescados no Rio Grande do Sul em 2001**. MMA/IBAMA/CEPERG, Rio Grande, 2003. p. 44.

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, 1993. p. 245.

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, 1994 p.113-127.

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

CERGOLE, M. C.; SACCARDO, S. A.; ROSSIWONGTSCHOWSKI, C. L. B. **Fluctuations in the spawning stock biomass and recruitment of the brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) 1977-1997**. Revista brasileira de oceanografia, v. 50, 2002. p. 13-26.

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, 2005. p.176.

CIOTTI, A. M.; ODEBRECHT, C.; FILLMAN, G.; MOLLER Jr, O. O. **Freshwater outflow and subtropical convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf**. Cont. Shelf Res, v. 15, 1995. p.1737-1756.

CLAUZET, G.; WAINER, I. **Identificação da Variabilidade de baixa frequência em algumas regiões da costa sudeste-nordeste do Brasil**. Brazilian Journal of Oceanography, v. 47, 1999. p. 69-78.

CLIMATE PREDICTION CENTER. **Colds and warm episodes by seasons**. Disponível em: <http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/>. Acesso em: 10 de abril de 2012.

DIAS, J. F. **Avaliação da condição nutricional das larvas da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* (Steindachner 1879) – Clupeidae, e da anchoíta *Engraulis anchoita* (Hubbs & Marini, 1935) – Engraulididae, da costa sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 1995. p.64.

DIAS-NETO, J.; DORNELLES, L. D. C. **Diagnóstico da pesca marítima do Brasil**. Brasília: IBAMA, 1996. p.165.

DIAS-NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil**. Brasília: Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2002.

DIAS-NETO, J. **Gestão do uso dos recursos pesqueiros marinhos no Brasil**. Brasília: Edições IBAMA/ MMA, 2003. p. 242.

DOURADO, M. S.; CALTABIANO, A. C. V. **Novos conceitos na definição da temperatura da superfície do mar**. In: Ronald Buss de Souza. (org.). Oceanografia por satélite. Ed: Oficina de Textos. São Paulo, 2005. p.134-147.

EMÍLSSON, I. **The shelf and coastal waters of southern Brazil**. Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo, v. 7, n° 2, 1961. p. 101-1012.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. FAO. Roma, 2000. p.142.

FAO. **FAO Glossary: Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <<http://www.fao.org/glossary/>>, 2005. Acessada em 21/05/2010.

GASALLA, M. A. **Impactos da pesca industrial no ecossistema da plataforma continental interna do Sudeste do Brasil: a abordagem ecossistêmica e a integração do conhecimento**. (Tese Doutorado) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2004. p. 276.

GEP. Grupo de Estudos Pesqueiros – CTTMar. **Estimativas da produção de sardinha-verdadeira em Santa Catarina e no Brasil para o ano de 2006**. Disponível em <[http://siaiacad04.univali.br /index_not.php](http://siaiacad04.univali.br/index_not.php)>. Acessado em 23/06/2009.

GIGLIOTTI, E. S. **Variabilidade climática da Plataforma Continental Sudeste do Brasil e sua relação com áreas de desova da sardinha-brasileira**. (Dissertação). Mestrado em Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. p. 165.

GOVONI, J. J. **Fisheries oceanography and the ecology of early life histories of fishes: a perspective over fifty years**. Scientia Marina. v. 69, n°1, 2005. p. 125-137.

IBAMA. **Estatística da Pesca 1998, Brasil: Grandes regiões e unidades da federação**. Ministério do Meio Ambiente. 2000. p. 96.

IBAMA. **Relatório da reunião do sub-comitê científico. Comitê de gestão do uso sustentável da sardinha verdadeira.** Brasília, 2008. Disponível em <www.icmbio.gov.br/cepsul/download.php?id_download=357>. Acessado em: 14/11/2009.

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

INSTITUTO DE PESCA. **Produção pesqueira marinha do estado de São Paulo no ano de 2001.** Sér. Rel. Téc. São Paulo. n° 12, 2003.

JABLONSKI, S. **Modelos não paramétricos e sistemas especialistas na avaliação de influências dos fatores ambientais sobre recursos pesqueiros: O caso da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*).** Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.

KATSURAGAWA, M.; MUELBERT, J. H.; DIAS, J. F. O. **Ictioplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS).** In: ROSSIWONGTSCHOWSKI, C. L. B.; MADUREIRA, L. S. O ambiente oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2006. p. 472.

KYIUNA, I.; ASSUMPÇÃO, R. **Os fenômenos climáticos El niño e La niña e os preços de feijão no Estado de São Paulo.** *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 31, n° 6, 2001. p. 25-44.

KURTZ, F. W. **Dinâmica larval de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) (Teleostei, Clupeidae) na região sudeste do Brasil e implicações no recrutamento.** (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico, São Paulo, 1999. 169 p.

LENTINI, C. A. D.; De ALMEIDA, R. A. F.; PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. **Short-term climate variability in the Southeastern South America.** Proceedings of 8 ICSHMO, foz do Iguaçu, Brasil, INPE, 2006. p. 277-282.

LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; MONTU, M.; MUELBERT, J. H.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. **Influence of physical processes on zooplankton and ichthyoplankton distribution: a review of studies on the southern Brazilian coast.** *Scientia Marina*, v. 70, n° 2, 2006. p. 189-202.

MASCARENHAS, A. S.; MIRANDA, L. B.; ROCK, N. J. **A study of the oceanographic conditions in the region of Cabo Frio.** In: COSTLOW, J. D. Fertility of the Sea. New York: Gordon and Breach, v. 1, 1971. p. 285-308.

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.** Tese de livre-docência (Instituto Oceanográfico). Universidade de São Paulo, São Paulo. 1983.

MATSUURA, Y. **Estimativa de taxa de exploração, recrutamento e biomassa do estoque da sardinha-verdadeira, *Sardinella Brasiliensis*, na Região Sudeste do Brasil.** Ciência e Cultura, v. 38, 1986. p. 893-904.

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, 1996. p. 29-35.

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

MATSUURA, Y. **A probable cause of recruitment failure of the brazilian sardine *Sardinella aurita* populations during the 1974/75 spawning season.** South African Journal of Marine Science, v. 17, 1996. p. 29-35.

MIRANDA, L.B. **Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à Ilha de São Sebastião (SP).** Tese de Livre-Docência (Instituto Oceanográfico). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982. p.194.

MMA/IBAMA. **Diagnóstico da pesca marítima do Brasil.** Coleção do Meio Ambiente. Série Estudos Pesca. Brasília; n° 20 1996. p. 163.

PAES, E.T.; C. ROSSI-WONGTSHOWSKI. **A plataforma continental sudeste brasileira como um ecossistema semifechado: um estudo baseado nos efeitos locais, regionais e históricos sobre a estrutura das comunidades de peixes demersais.** In: VII Colacmar. Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar. Santos–SP, Anais, v. 2, 1997. p. 254-255.

PAES, E.T., SOPPA, M.A., SOUZA, R.B. **Covariações entre os desembarques da sardinha-verdadeira - *Sardinella janeiro* (Eigenmann, 1894) em seus extremos de ocorrência na plataforma sudeste brasileira e anomalias de temperatura da superfície do mar estimadas por satélite.** In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis-SC, Anais, 2007. p. 4651-4658.

PAES, E.T.; MORAES, L.E.S. **A new hypothesis on the influence os the El Niño/La Niña upon the biológico productivity, ecology and fisheries of the Southern Brazilian Bight.** PANAMJAS – Pan American Journal of Aquatic Sciences, n° 2, 2007. p. 94-102.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. **Upper level circulation in the South Atlantic Ocean.** Progress in Oceanography, v. 26, 1991. p.1-73.

PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MOLLER JR, O. O.; CHARO, M.; MARTINEZ, C. **Subtropical shelf front off eastern South America.** J. Geophysical Research. v. 105, 2000. p. 6565-6578.

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, 2008. p. 1639-1648.

PINAYA, W. H. D. **Variabilidade climática marinha na plataforma sudeste brasileira e suas relações com a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*).** (Dissertação de

mestrado). Sistemas costeiros e oceânicos (Setor de ciências da terra). Universidade Federal do Paraná. Pontal do Paraná, 2008. p. 209.

ROBINSON, I. S. **Satellite Oceanography – An introduction for oceanographers and remote-sensing scientists**. Chichester: Ellis Horwood Ltd. 1985.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SACCARDO, S. A.; CERGOLE, M. C. **Situação do estoque da sardinha (*sardinella brasiliensis*) no litoral sudeste e sul do Brasil**. IBAMA/CEPSUL, coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca, v.17, 1995. p. 45.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SACCARDO, S. A.; CERGOLE, M. C. **Are fluctuations in Brazilian Sardine catches related to global-scale climatic changes?** In: Acad. Bras. Ci., v. 68 (Supl. 1), 1996. p. 239-250.

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, nº 1, 1991. p. 29-43.

SCHWARTZLOSE, R. A.; ALHEIT, J.; BAKUN, A.; BAUMGARTNER, T. R.; CLOETE, R.; CROWFORD, R. J. M.; FLETCHER, W. J.; GREEN RUIZ, Y.; HAGEN, E. KAWASAKI, T.; LLHUCH-BELDA, D.; LLUCH-COTA, S. E.; MACCALL, A.D.; MATSUURA, Y.; NEVARES-MARTINEZ, M. O.; PARRISH, R. H.; ROY, C.; SERRA, R.; SHUST, K. V.; WARD, M. N.; ZUZUNAGA, J. Z. **Worldwide large-scale fluctuation of sardine and anchovy populations**. S. Afr. J. MAR. SCI, v. 21, 1999, p. 289-347.

SANTOS, A. M. P. **Fisheries oceanography using satellite and airborne remote sensing methods: a review**. Fisheries Research, v. 49, 2000. p. 1-20.

SANTOS, R. C. **A captura de iscas pela frota atuneira de vara e isca: histórico, situação atual e perspectivas**. (Monografia). Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2005.

SCHWINGEL, P. R.; OCCHIALINI, D. S. **Descrição e dinâmica da frota da traineiras no porto de Itajaí/SC entre 1997 e 1999**. In: CERGOLE, M.C.; 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, 2003. p. 251-282.

SOARES, H.C. **Estudo das condições atmosféricas e oceânicas do Atlântico Sudoeste e suas associações com extremos de captura da sardinha-verdadeira**. (Dissertação de mestrado). Meteorologia, INPE, 2009. p.147.

SOUZA, R.B.; ROBINSON, I.S. **Satellite and Lagrangian observation of the Brazilian Coastal Current**. Continental Shelf Research [S.I.], v. 24, 2004. p. 241-262.

SOUZA, R. B.; ROBINSON, T. S. **Lagrangian and satellite observations of Brazilian Coastal Current**. Continental Shelf Research. V.24, 2004. p. 241-262.

SOUZA, R. B. (Org.). **Oceanografia por satélites**. São Paulo. Oficina de textos. 2005.

SOUZA, R. B. (Org.). **Oceanografia por satélites**. São Paulo. Oficina de textos. 2009. p. 117.

SUNYÉ, P. S.; SERVAIN, J. **Effects of seasonal variations in meteorology and oceanography on the Brazilian sardine fishery**. Fisheries Oceanography. v. 7, n° 2. 1998. p. 89-100.

TASCHETTO, A. S. ; WAINER, I. **Estudo climatológico da ressurgência na região sudoeste do Atlântico sul**. 1999. p. 23.

TOMCZAK, M.; GODFREY, J. S. **Regional Oceanography: an introduction**, 2001. <www.lei.furg.br/ocfis/mattom/regoc/pdfversion.html> Acesso: 23/11/2010.

TURA, P .M.; KATSURAGAWA, M. **Distribuição de ovos de *Sardinella brasiliensis* na Plataforma Continental Sudeste, uma revisão bibliográfica**. In: simpósio brasileiro de oceanografia: oceanografia e políticas públicas, Santos, SP, 2011.

VALENTINI, H.; CARDOSO, R. D. **Análise da pesca da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, na costa sudeste-sul do Brasil**. Atlântica Rio Grande, v. 13 n° 1, 1991. p. 45-54.

VALENTINI, H.; PEZZUTO, P. R. **Análise das pescarias comerciais das regiões Sudeste e Sul do Brasil com base na produção controlada do período 1986-2004**. Série Documentos Revizee/Score-Sul, Instituto Oceanográfico-USP. São Paulo, 2006. p.56.

VICENTE, J. R.; FAGUNDES, L; MARGARIDO, M. A. **Determinantes da oferta e demanda de sardinha, 1989-2000**. In: congresso brasileiro de economia e sociologia rural, n°42, 2004. p.9.

YONEDA, N. T. **Criação em laboratório de larvas da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* e estudo dos incrementos diários nos otólitos**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 1987. p. 92.

WORM, B.; HILBORN, R.; BAUM, J. K.; BRANCH, T. A.; COLLIE, J. S. COSTELLO, C.; FOGARTY, M. .; FULTON, E. A.; HUTCHINGS, J. A.; JENNINGS, S.; JENSEN, O. P.; LOTZE, H. K.; MACE, P. M.; McCLANAHAN, T. R.; MINTO, C.; PALUMBI, S. R.; PARMA, A. M.; RICARD, D.; ROSEMBERG, A. A.; WATSON, R.; ZELLER, D. **Rebuilding Global Fisheries**. Science, vol. 325, n° 5940, 2009. p. 578–585.

ZAGAGLIA, C.R.; HAZIN, F.V.H. **Sensoriamento remoto aplicado à pesca**. In: SOUZA, R.B. (Ed.). Oceanografia por Satélites. Oficina de textos. São Paulo: cap. 18, 2005. p. 276-285.