

DISTRIBUIÇÃO DE OVOS E LARVAS DA SARDINHA-VERDADEIRA NA REGIÃO COSTEIRA DO ESTADO DE SANTA CATARINA*

Valquíria GARCIA^{1,3}; David Augusto REYNALTE-TATAJE²; Evoy ZANIBONI-FILHO³

RESUMO

Este estudo avaliou a distribuição espacial de ovos e de larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) na área costeira do estado de Santa Catarina/Brasil, entre as cidades de Itapoá (26°S e 48°W) e Laguna (28°S e 48°W). Três cruzeiros oceanográficos foram realizados durante o período reprodutivo desta espécie, nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011. As coletas de plâncton foram efetuadas em 42 estações, com o auxílio de rede bongô, em arrastos oblíquos e em triplicata. Os ovos ocorreram em toda a área de estudo no mês de novembro, com maiores valores de abundância nas regiões centro e norte, e na região norte, nos meses de janeiro e março, quando se registraram temperaturas mais altas. As larvas foram mais abundantes na região norte em novembro e nas regiões centro e norte em janeiro e março, coincidindo com o avanço da massa de água ACAS sobre a plataforma, comum nessa época do ano. As desovas de *S. brasiliensis* nessa região parecem ocorrer, principalmente, nos locais mais próximos à costa, havendo um aparente transporte das larvas em direção à região oceânica.

Palavras chave: costa sudoeste do Atlântico; massas de água; estoques pesqueiros; ictioplâncton; *Sardinella brasiliensis*

DISTRIBUTION OF EGGS AND LARVAE OF BRAZILIAN SARDINE IN THE COASTAL REGION OF SANTA CATARINA STATE, BRAZIL

ABSTRACT

This study evaluated the spatial distribution of eggs and larvae of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) in the coastal area of the Santa Catarina State/Brazil, between Itapoá (26°S and 48°W) and Laguna (28°S and 48°W) cities. Three surveys were conducted during the sardine spawning season (November/2010, January and March/2011). Sampling occurred in 42 stations, by triple-oblique tows, using a bongo net. Eggs occurred throughout the study area in November, with higher abundance values in the central and north regions, and at northern area in January and March, when it recorded higher temperatures. Larval abundance were higher in the northern region in November and in the central and northern regions in January and March, coinciding with the intrusion of ACAS water mass on the continental shelf, common at this time of the year. *Sardinella brasiliensis* spawnings occur mainly in sites close to the coast, and after hatching, a larval drift towards ocean region seems to occur.

Keywords: Atlantic south-west coast; water masses; fishery stock; ichthyoplankton; *Sardinella brasiliensis*

Artigo Científico: Recebido em 23/04/2014 – Aprovado em 29/07/2015

¹ Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). e-mail: valquiriagarcia.aqi@gmail.com (autora correspondente)

² Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Rua Major Antônio Cardoso, 590, Bloco A – Centro – CEP: 97900-000 – Cerro Largo – RS – Brasil.

³ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce (LAPAD/CCA/UFSC). Rod. Francisco Thomaz dos Santos, 3532 – Armação do Pântano do Sul – CEP: 88066-260 – Florianópolis – SC – Brasil

* Apoio financeiro: CAPES (AUX-PE 879/2010 e AUX-PE 875/2010)

INTRODUÇÃO

A sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) é o recurso pesqueiro marinho mais importante do Brasil (MPA, 2013), distribuindo-se do Cabo de São Tomé (RJ - 22°S) ao Cabo de Santa Marta Grande (SC - 28°S) (KATSURAGAWA *et al.*, 2006). Ao longo dos anos, a produção desse recurso vem sofrendo oscilação, com volumes de captura variando de 83.286,5 t (2009) a 62.133,9 t (2010) e 75.122,5 t (2011) (MPA, 2013).

A reprodução da sardinha-verdadeira ocorre no final da primavera e no verão, com picos de desova nos meses de dezembro e janeiro (MATSUURA, 1998), quando há forte estratificação vertical na coluna d'água (KURTZ e MATSUURA, 2001). Segundo CERGOLE e DIAS NETO (2011), as maiores abundâncias de ovos são encontradas na região costeira, até 20 milhas náuticas, e as maiores concentrações de larvas são, geralmente, observadas desde a região costeira até próximo à margem da plataforma continental.

A relação das fases iniciais de desenvolvimento da sardinha-verdadeira com as variáveis ambientais e com os estoques adultos desta mesma espécie já possibilitou estabelecer associações entre o tamanho da desova, a intensidade do recrutamento (MATSUURA, 1977a) e a produção pesqueira (CERGOLE, 1995), servindo de instrumento para o monitoramento do estoque pesqueiro.

Quanto aos locais de desova e crescimento, estudos mostram a ocorrência de ovos e de larvas ao longo de toda a sua área de distribuição, indicando que a espécie em questão apresenta ampla área reprodutiva (MATSUURA, 1998; GIGLIOTTI *et al.*, 2010). Com isso, uma visão geral das áreas de reprodução já é conhecida e a sua dinâmica tem sido relativamente bem compreendida. No entanto, estudos pontuais e que utilizem uma densa rede amostral, de modo a detalhar a dinâmica reprodutiva de *S. brasiliensis* dentro dessas áreas, ainda são escassos. Nesse sentido, pretende-se, com este trabalho, através de uma ampla rede de pontos de coleta, compreender a distribuição espacial dos ovos e das larvas da sardinha-verdadeira na área costeira do estado de Santa Catarina, com os seguintes objetivos específicos: a) avaliar a distribuição e a

abundância dos ovos e das larvas, bem como dos diferentes estágios de desenvolvimento ao longo da costa, e b) determinar a influência das variáveis ambientais e das massas de águas sobre a distribuição espacial destes organismos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área do estudo compreende a região costeira entre as cidades de Itapoá (26°S e 48°W) e Laguna (28°S e 48°W), no litoral do estado de Santa Catarina, Brasil.

Esta área se encontra dentro da Plataforma Continental Sudeste (PCSE), definida como a região da plataforma continental Atlântica que se estende ao longo da costa brasileira, desde Cabo Frio (RJ) até Cabo de Santa Marta Grande (SC). Esta região possui características típicas de plataformas continentais de latitudes médias, com topografia suave e isóbatas dispostas paralelamente à linha da costa (CASTRO *et al.*, 2006).

Para o cenário hidrográfico da região Sul, as massas de água características da costa até a borda da plataforma, de acordo com a classificação proposta por EMÍLSSON (1961), MIRANDA (1985), CASTRO FILHO e MIRANDA (1998), são: Água Costeira (AC), que é a mistura da descarga continental de água doce com as águas da plataforma continental, apresentando menor salinidade (S) ($S < 35,0$) e temperaturas (T) superiores a 20 °C; Água Tropical (AT), quente e salina ($T > 20$ °C e $S > 36,4$), transportada para sudoeste pela camada superficial (0-200 m) da Corrente do Brasil (CB), nas proximidades da quebra da plataforma continental; Água Central do Atlântico Sul (ACAS), relativamente fria (T entre 9-20 °C e S entre 34,5 e 36,0), rica em nutrientes e que flui ao longo do talude continental pela camada inferior da CB (200-500 m), próximo à borda da plataforma; e a Água de Plataforma (AP), com origem na mistura da AT, AC e ACAS, apresentando temperatura superior a 20 °C e salinidade entre 35,0 e 36,0.

Análise do plâncton e das variáveis ambientais

Foram realizados três cruzeiros oceanográficos a bordo do N/Pq Soloncy Moura (CEPSUL/

ICMBio) durante o período reprodutivo da sardinha-verdadeira, mais precisamente nos meses de novembro 2010, janeiro e março 2011. As amostragens foram realizadas em 42 estações de coleta, divididas em 13 perfis (A – M) dispostos

ortogonalmente em relação à costa, distanciando-se em cinco milhas náuticas umas das outras (Figura 1). Para uma melhor caracterização, a área de estudo foi subdividida em regiões: Norte (entre perfis A e F), Centro (entre perfis G e J) e Sul (K e M).

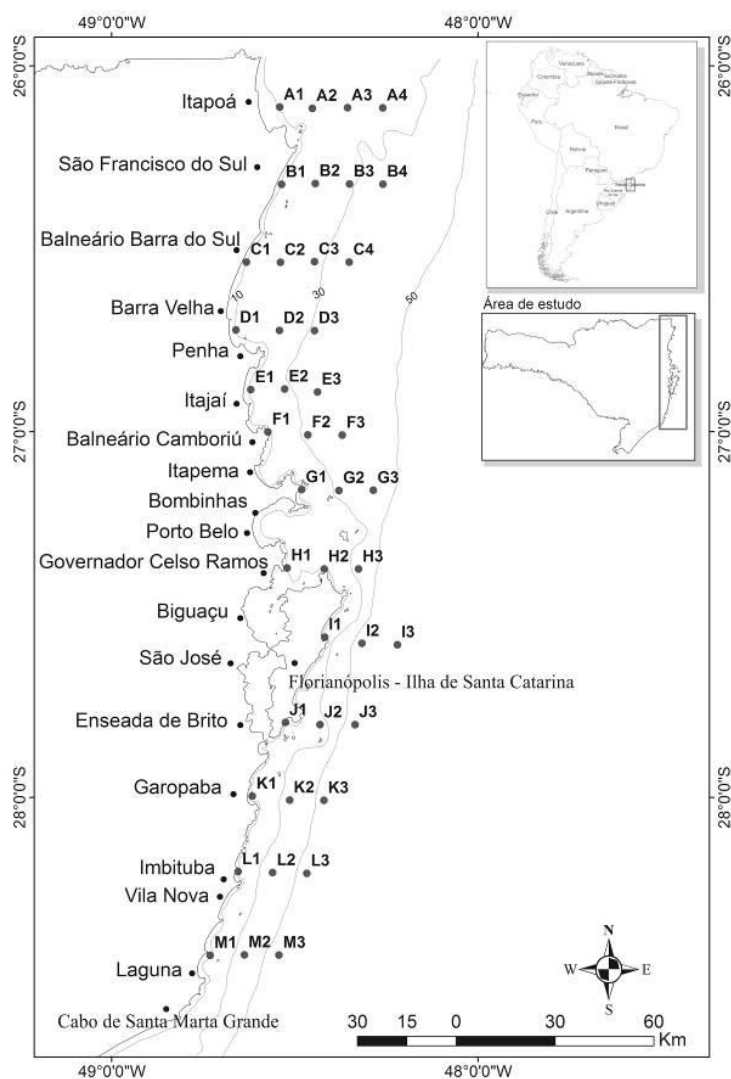


Figura 1. Área de estudo e localização das estações de coleta para os cruzeiros oceanográficos realizados durante o período reprodutivo da *Sardinella brasiliensis*, nos meses de novembro/2010 e janeiro e março/2011.

As coletas de ictioplâncton foram feitas com o auxílio de rede bongô, com 60 cm de abertura de boca, 3 m de comprimento e malhas de 300 e 500 μm , sendo consideradas para este estudo somente as amostras provenientes da rede de 500 μm de abertura de malha. Arrastos oblíquos foram realizados em triplicata, com permanência da rede próximo ao fundo por 30 segundos, com

o barco em velocidade média de 2 nós. As profundidades de coleta variaram de 10 a 30 metros. Foi utilizado fluxômetro mecânico acoplado à boca da rede de 500 μm para quantificação do volume de água filtrada.

Os valores de salinidade, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido foram obtidos com sonda multiparamétrica 6600 YSI a partir de

amostras de água coletadas em diferentes profundidades (superfície, 10, 20 e 30 m) utilizando garrafa de Niskin. A quantificação da clorofila *a* foi realizada a partir da extração com acetona 90% v/v e medição por espectrofotometria, segundo STRICKLAND e PARSONS (1972).

Após a coleta, as amostras de plâncton foram armazenadas em frascos de polietileno e fixadas em solução de formaldeído a 4%.

Processamento em laboratório

Os ovos e as larvas provenientes de 378 amostras foram triados em estereomicroscópio sobre placa de Bogorov, sendo feita a identificação daqueles pertencentes à sardinha-verdadeira (MATSUURA, 1971, 1975, 1977b). Os ovos foram classificados, de acordo com o grau de desenvolvimento, em estágios de: clivagem inicial, embrião inicial e cauda livre (NAKATANI *et al.*, 2001). As larvas foram classificadas, de acordo com a sequência de desenvolvimento da nadadeira caudal e seus elementos de suporte, nos seguintes estágios: larval vitelínico, pré-flexão, flexão e pós-flexão (AHLSTROM *et al.*, 1976, modificado por NAKATANI *et al.*, 2001).

A abundância do ictioplâncton foi padronizada por m² de superfície do mar.

Análise dos dados

Mapas apresentando a distribuição horizontal das massas de água e da abundância média de ovos e larvas da sardinha-verdadeira ao longo dos perfis foram construídos pelo método de interpolação Inverso Ponderado da Distância (IDW) utilizando o programa ArcGIS 10® (ArcInfo®) (ESRI, 2010). As massas de água foram analisadas de acordo com os dados médios de salinidade e temperatura.

Para avaliar a relação espaço-temporal dos fatores distância da costa e meses com as variáveis dependentes ovos, larvas, estágios de desenvolvimento embrionário e larval, foi aplicada, sobre os dados, a Análise de Variância bi-fatorial (ANOVA bifatorial). Quando os resultados das análises foram significativos, aplicou-se o teste *a posteriori* de Tukey para identificar essas diferenças. As distâncias da costa foram definidas como: #1 = estações de coleta com

número 1 em sua denominação (ex: A1, B1,...), sendo aquelas estações mais costeiras, situadas na isóbata de 10 m; #2 = estações de coleta com número 2 em sua denominação (ex: A2, B2,...); #3 = estações de coleta com número 3 em sua denominação (ex: A3, B3,...); e #4 = estações de coleta com número 4 em sua denominação (A4, B4, C4).

A média e o desvio padrão da salinidade, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila *a* foram calculados a partir dos valores obtidos nas amostragens verticais na coluna de água. Além disso, valores mínimos e máximos registrados para cada perfil também foram apresentados.

A Correlação de Pearson foi utilizada para analisar a existência de relação entre a abundância dos ovos e das larvas e as variáveis ambientais.

RESULTADOS

Distribuição e abundância dos ovos e das larvas de sardinha-verdadeira

No total foram coletados 256 ovos ($\bar{x}$ = 0,36 ovo m⁻²) e 189 larvas ($\bar{x}$ = 0,16 larva m⁻²) de sardinha-verdadeira. A maior abundância média de ovos foi registrada em novembro ($\bar{x}$ nov = 0,54 ovo m⁻², $\bar{x}$ jan = 0,24 ovo m⁻² e $\bar{x}$ mar = 0,30 ovo m⁻²), enquanto as larvas foram mais abundantes no mês de janeiro ($\bar{x}$ nov = 0,06 larva m⁻², $\bar{x}$ jan = 0,32 larva m⁻² e $\bar{x}$ mar = 0,10 larva m⁻²).

Os ovos de sardinha-verdadeira estiveram mais concentrados no norte do estado de Santa Catarina. Em novembro, a distribuição dos ovos ocorreu ao longo de toda a área de estudo, mas com as maiores abundâncias registradas nas regiões centro, próximas à ilha de Santa Catarina, e norte. Nos meses de janeiro e março, as maiores abundâncias restringiram-se na região norte. Na região sul não foram encontrados ovos no mês de janeiro (Figura 2).

Quanto às larvas, em novembro, a maior abundância foi registrada na região norte, entre Balneário Barra do Sul e Penha; em janeiro, as maiores concentrações ocorreram nas áreas centro e norte; e em março, a maior abundância foi observada no extremo norte, em Itapoá e São Francisco do Sul. Praticamente não foram encontradas larvas na região sul da área de estudo nos três meses de amostragem (Figura 3).

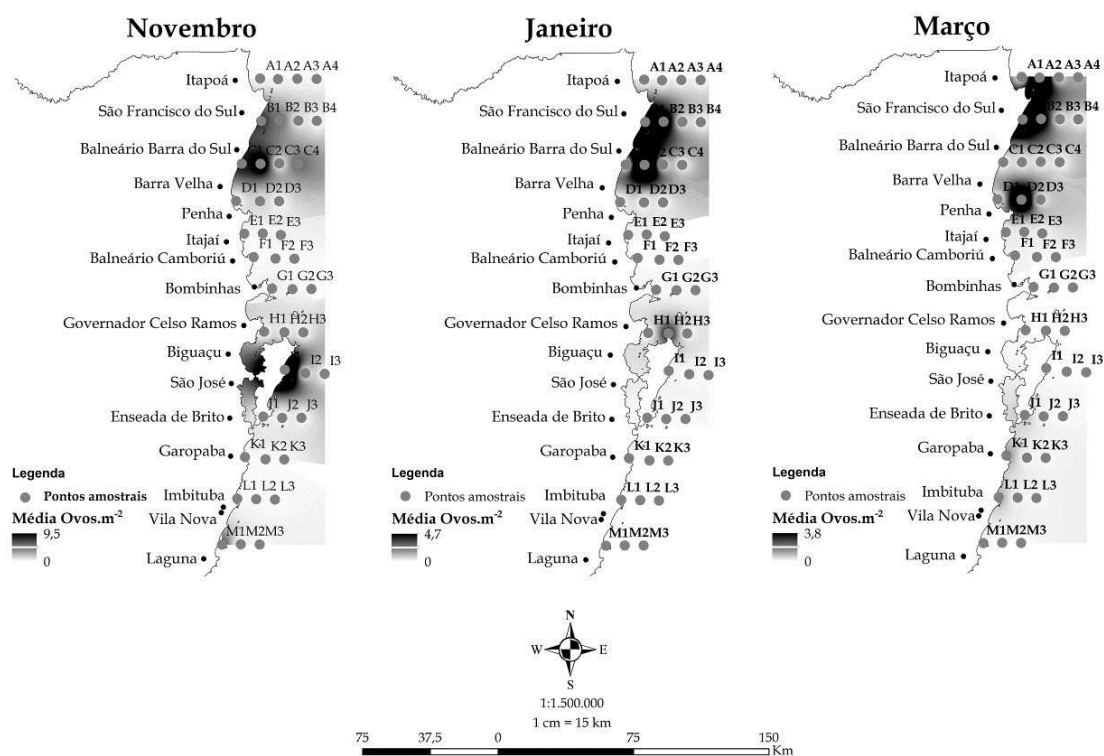


Figura 2. Distribuição e abundância dos ovos de *Sardinella brasiliensis* nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011 ao longo dos 13 perfis estudados no litoral de Santa Catarina.

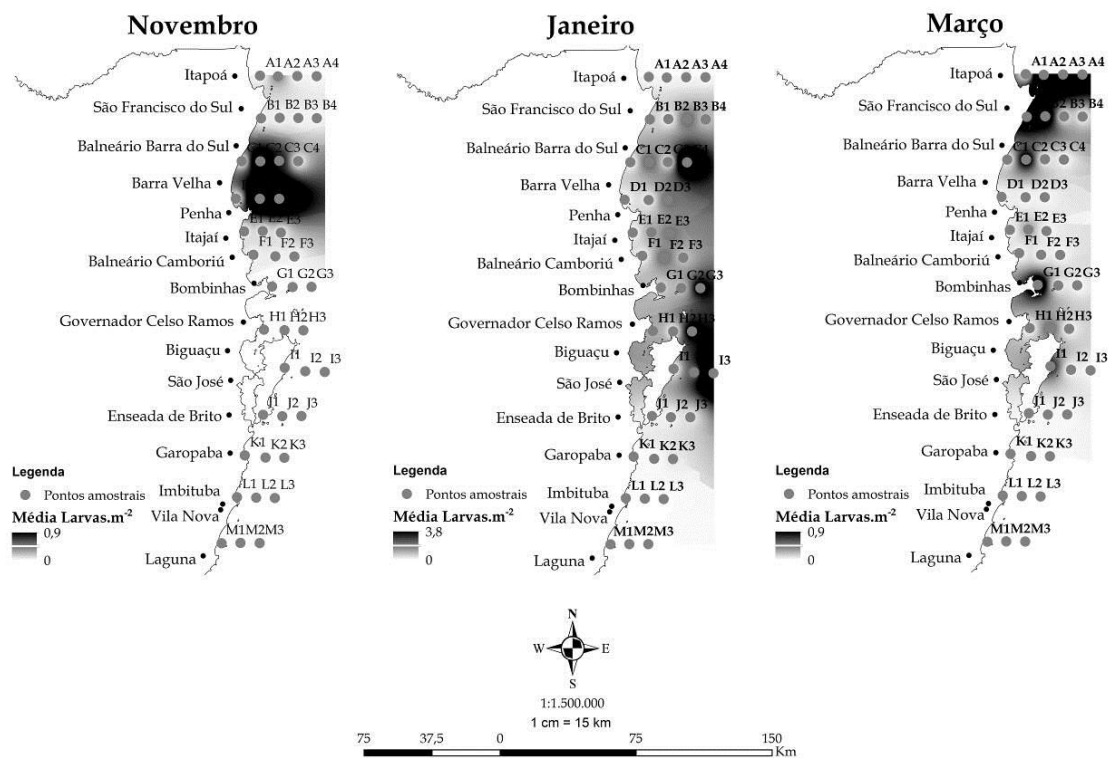


Figura 3. Distribuição e abundância das larvas de *Sardinella brasiliensis* nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011 ao longo dos 13 perfis estudados no litoral de Santa Catarina.

Os ovos ocorreram, principalmente, nas estações mais costeiras, enquanto as larvas foram mais abundantes nas estações mais distantes da costa. Variação significativa entre os meses e as distâncias entre os pontos de coleta foi verificada

tanto para ovos (ANOVA; GL = 6; F = 2,51; $P < 0,05$) como para larvas (GL = 6; F = 4,91; $P < 0,05$), com maior abundância dos ovos em #1 em novembro (Tukey; $P < 0,05$) (Figura 4A) e das larvas em #3 e #4 em janeiro (Tukey; $P < 0,05$) (Figura 4B).

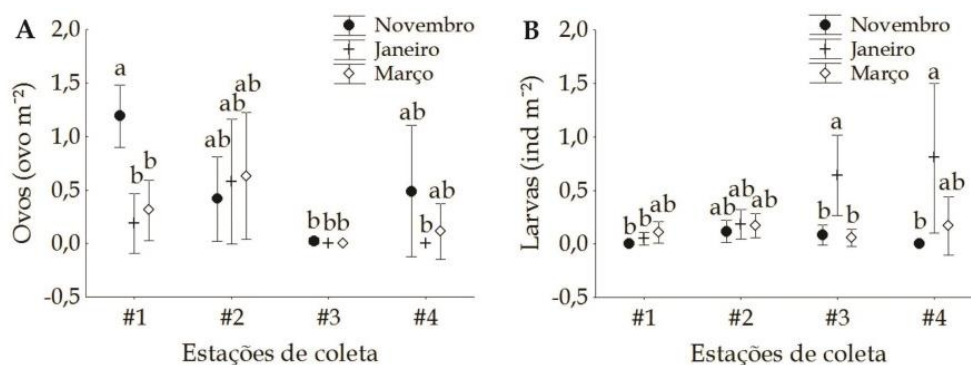


Figura 4. Abundância média dos ovos (A) e das larvas (B) de *Sardinella brasiliensis* nas estações de coleta (agrupadas em relação à distância da costa), observada nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011 no litoral de Santa Catarina.

Analisando a distribuição dos estágios do desenvolvimento embrionário e larval, verificou-se que os ovos em clivagem inicial foram encontrados somente nos locais mais próximos à costa (#1 e #2), e aqueles em estágio de embrião inicial apareceram em todas as distâncias dos locais de coleta (Figura 5A). O estágio embrionário mais avançado, cauda livre, foi mais

representativo em novembro em #4 e em janeiro em #1 (Figura 5A). Larvas em estágio vitelínico apareceram somente no mês de janeiro, nas distâncias de coleta #2 e #3 (Figura 5B). Larvas em pré-flexão não foram encontradas nas estações correspondentes à distância #4, já aquelas em flexão e pós-flexão ocorreram em todas as distâncias (Figura 5B).

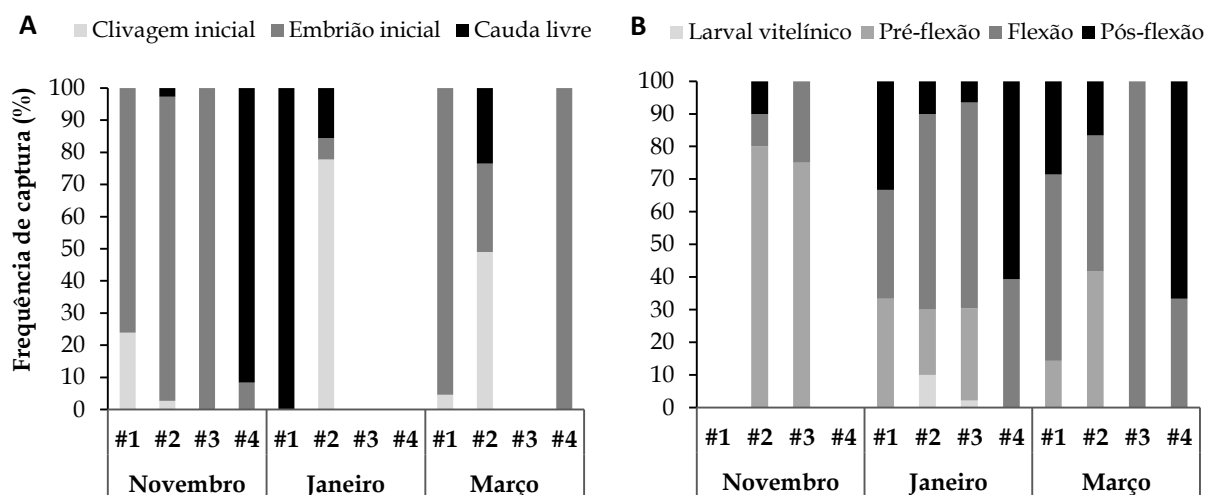


Figura 5. Proporção de captura dos estágios de desenvolvimento embrionário (A) e larval (B) de *Sardinella brasiliensis* nas estações de coleta (#1 a #4) agrupadas de acordo com a distância da costa, nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011 no litoral de Santa Catarina.

A análise de variância fatorial revelou que não houve interação significativa entre os fatores “mês e distância da costa” e “abundância de ovos em estágio de clivagem inicial” (ANOVA; GL = 6; $F = 1,14$; $P > 0,05$) (Figura 6A) e “abundância de larvas em estágio larval vitelínico” (ANOVA; GL = 6; $F = 0,46$; $P > 0,05$) (Figura 7A). Esta interação para o estágio de embrião inicial também não se mostrou significativa (ANOVA; GL = 6; $F = 1,27$; $P > 0,05$) (Figura 6B), contudo, ovos neste estágio apresentaram variação espacial significativa (ANOVA; GL = 3; $F = 3,02$; $P < 0,05$) e foram mais abundantes nas estações representadas por #1 (Tukey; $P < 0,05$). Para os estágios de

desenvolvimento que apresentaram interação significativa entre “mês e distância da costa”, os ovos em estágio de cauda livre (ANOVA; GL = 6; $F = 2,54$; $P < 0,05$) foram mais abundantes em #1 e #2 no mês de janeiro (Tukey; $P < 0,05$) (Figura 6C), larvas em pré-flexão (ANOVA; GL = 6; $F = 2,57$; $P < 0,05$) tiveram maiores abundâncias registradas em novembro em #2 e em janeiro em #3 (Tukey; $P < 0,05$) (Figura 7B), enquanto larvas em flexão (ANOVA; GL = 6; $F = 2,40$; $P < 0,05$) e larvas em pós-flexão (ANOVA; GL = 6; $F = 7,34$; $P < 0,05$) foram mais abundantes em janeiro em #3 (Tukey; $P < 0,05$) e em #4 (Tukey; $P < 0,05$), respectivamente (Figura 7C e 7D).

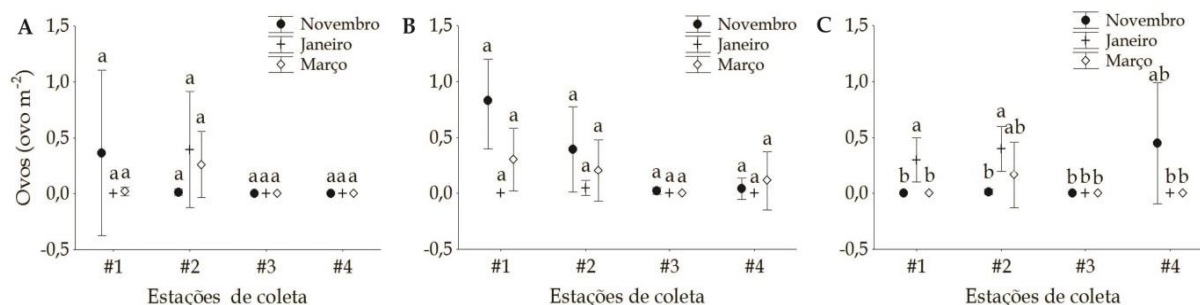


Figura 6. Abundância média de ovos nos estágios de desenvolvimento embrionário: clivagem inicial (A), embrião inicial (B) e cauda livre (C) de *Sardinella brasiliensis* nas estações de coleta agrupadas em relação à distância da costa, nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011 no litoral de Santa Catarina.

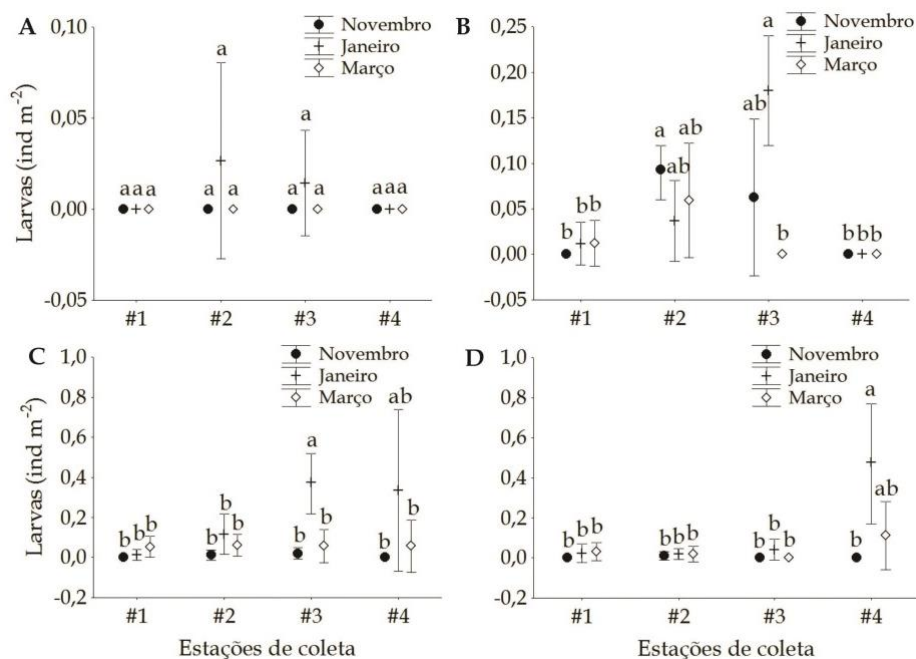


Figura 7. Abundância média dos estágios de desenvolvimento larval: larval vitelínico (A), pré-flexão (B), flexão (C) e pós-flexão (D) de *Sardinella brasiliensis* nas estações de coleta agrupadas em relação à distância da costa, nos meses de novembro/2010, janeiro e março /2011 no litoral de Santa Catarina.

Distribuição das massas de água

O mês de novembro foi caracterizado pela presença apenas da AC ao longo de toda a área de estudo. Já nos meses de janeiro e março, foi registrada ocorrência da massa de água ACAS.

Na Figura 8, as regiões de cor cinza médio, denominadas como não definidas (ND), mostram regiões do oceano com provável mistura da AC com a ACAS, pois são caracterizadas por salinidades abaixo de 34 e temperaturas inferiores aos 20 °C.

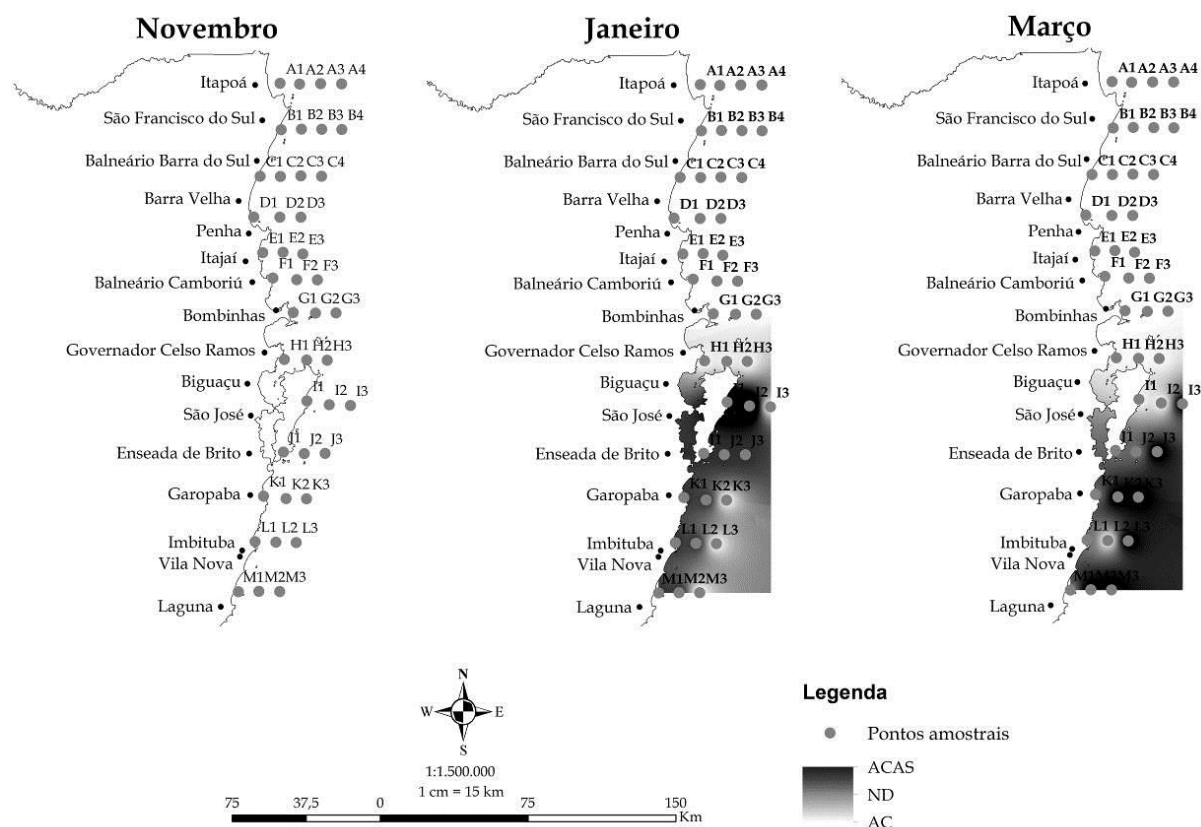


Figura 8. Distribuição das massas de água ao longo da costa catarinense, de Itapoá a Laguna, nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011. ACAS = Água Central do Atlântico Sul; ND = Não definida; AC = Água Costeira.

Variáveis ambientais

Os valores de clorofila *a*, turbidez e oxigênio dissolvido não apresentaram variação significativa entre os perfis nos três meses estudados (Tukey; $P > 0,05$). A salinidade variou significativamente no mês de novembro, mas não foram detectadas diferenças pelo teste de Tukey. A temperatura apresentou variação significativa entre os perfis nos três meses, sendo que, em janeiro e março, a região mais ao norte apresentou valores médios mais altos e a região mais ao sul foi caracterizada por temperaturas médias mais baixas (Tukey; $P < 0,05$) (Tabela 1).

Correlação entre a abundância dos ovos e a das larvas de sardinha-verdadeira e as variáveis ambientais

Para os meses de novembro e janeiro, nenhuma correlação significativa foi evidenciada entre as variáveis analisadas. No mês de março, a abundância dos ovos e a das larvas apresentaram relação com as estações em que se registraram maiores valores de temperatura ($P < 0,05$). Também neste mesmo mês, clorofila *a*, temperatura e turbidez apresentaram correlações positivas com alguns estágios de desenvolvimento embrionário e larval ($P < 0,05$; Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios ($\pm$ desvio padrão), mínimo e máximo das variáveis ambientais observadas nos diferentes perfis estudados nos meses de novembro/2010, janeiro e março/2011 no litoral de Santa Catarina.

Perfil	Variáveis ambientais				
	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Salinidade	Turbidez (UNT)	Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})
A	0,90 $\pm$ 1,23 (0,00-4,79)	24,19 $\pm$ 2,49 (19,32-29,36)	32,91 $\pm$ 1,84 (28,38-35,00)	73,04 $\pm$ 226,62 (2,60-1068,20)	6,64 $\pm$ 0,32 (5,67-7,02)
B	0,75 $\pm$ 1,06 (0,06-4,93)	23,76 $\pm$ 2,43 (17,79-28,73)	33,43 $\pm$ 1,30 (29,94-34,95)	26,91 $\pm$ 57,16 (2,60-214,70)	6,65 $\pm$ 0,54 (4,62-7,38)
C	0,83 $\pm$ 1,07 (0,09-4,28)	23,83 $\pm$ 2,51 (17,57-28,76)	33,40 $\pm$ 1,29 (29,46-34,98)	34,26 $\pm$ 75,29 (2,70-307,90)	6,55 $\pm$ 0,66 (4,43-7,63)
D	1,75 $\pm$ 2,26 (0,12-10,69)	23,74 $\pm$ 2,79 (17,99-29,98)	32,97 $\pm$ 1,99 (25,61-35,03)	30,29 $\pm$ 73,49 (2,6 -375,60)	6,50 $\pm$ 1,13 (3,47-8,60)
E	1,18 $\pm$ 1,36 (0,09-6,10)	23,70 $\pm$ 2,80 (17,81-29,51)	32,57 $\pm$ 2,80 (24,28-35,01)	26,07 $\pm$ 48,51 (2,80-174,60)	6,23 $\pm$ 1,36 (1,65-7,36)
F	0,67 $\pm$ 0,55 (0,01-2,12)	23,22 $\pm$ 2,76 (16,97-28,81)	33,50 $\pm$ 1,18 (30,38-35,08)	46,26 $\pm$ 96,13 (3,00-422,20)	6,30 $\pm$ 1,03 (3,39-7,17)
G	0,93 $\pm$ 0,89 (0,29-3,38)	22,60 $\pm$ 2,74 (16,63-27,87)	33,41 $\pm$ 1,86 (25,98-35,13)	34,95 $\pm$ 68,19 (2,90-247,90)	6,41 $\pm$ 0,80 (4,33-7,04)
H	2,28 $\pm$ 3,30 (0,29-14,52)	21,78 $\pm$ 3,00 (16,66-27,16)	33,51 $\pm$ 1,17 (31,28-34,91)	129,30 $\pm$ 296,63 (3,90-1400,70)	6,00 $\pm$ 1,02 (3,75-6,97)
I	0,91 $\pm$ 1,28 (0,08-5,30)	20,95 $\pm$ 2,97 (15,87-26,98)	34,12 $\pm$ 0,76 (32,55-35,11)	18,05 $\pm$ 42,10 (3,00-179,40)	6,60 $\pm$ 0,78 (4,48-7,58)
J	1,49 $\pm$ 1,40 (0,03-5,34)	19,78 $\pm$ 2,62 (15,63-23,41)	33,97 $\pm$ 0,94 (31,04-35,05)	30,54 $\pm$ 86,56 (3,00-396,60)	6,46 $\pm$ 1,01 (4,22-8,15)
K	3,11 $\pm$ 8,66 (0,00-44,59)	20,23 $\pm$ 2,46 (15,96-24,13)	33,83 $\pm$ 0,98 (31,12-35,07)	9,94 $\pm$ 22,14 (3,00-116,30)	6,73 $\pm$ 0,93 (4,78-8,48)
L	1,14 $\pm$ 1,70 (0,08-7,29)	20,56 $\pm$ 2,38 (16,23-24,85)	33,87 $\pm$ 1,24 (29,27-35,27)	15,43 $\pm$ 36,09 (3,10-156,30))	6,77 $\pm$ 0,71 (4,92-7,86)
M	1,26 $\pm$ 1,54 (0,08-6,81)	20,15 $\pm$ 2,30 (16,02-24,59)	33,96 $\pm$ 1,00 (31,10-35,14)	21,03 $\pm$ 30,98 (3,00-116,70)	6,66 $\pm$ 0,76 (4,41-7,51)

Tabela 2. Correlação dos valores médios da abundância de ovos e das larvas de *Sardinella brasiliensis* e de seus estágios de desenvolvimento embrionário e larval com os valores das variáveis ambientais registrados nas 42 estações de estudo no litoral de Santa Catarina nos meses de novembro/2010 e janeiro e março/2011. Valores em negrito indicam significância estatística ($P < 0,05$).

		Clorofila <i>a</i>	Temperatura	Salinidade	Turbidez	Oxigênio Dissolvido
Novembro	Ovos	0,10	0,22	-0,18	-0,11	0,20
	Larvas	-0,05	0,12	-0,11	0,20	0,02
	Clivagem inicial	0,06	0,11	-0,04	-0,09	0,20
	Embrião inicial	0,14	0,28	-0,28	-0,18	0,16
	Cauda livre	-0,08	-0,01	0,09	0,28	0,04
	Larval vitelínico	-	-	-	-	-
	Pré-flexão	-0,05	0,12	-0,11	0,20	0,02
	Flexão	-0,02	0,05	-0,04	0,20	-0,01
	Pós-flexão	-0,06	0,09	-0,06	-0,09	0,08
Janeiro	Ovos	-0,08	0,18	0,05	0,13	0,17
	Larvas	-0,15	0,12	0,24	0,21	0,14
	Clivagem inicial	-0,06	0,12	0,03	0,19	0,07
	Embrião inicial	-0,03	-0,04	-0,01	-0,09	-0,20
	Cauda livre	-0,04	0,15	0,05	-0,04	0,25
	Larval vitelínico	-0,07	0,09	0,03	-0,07	0,07
	Pré-flexão	-0,16	0,20	0,08	-0,04	0,19
	Flexão	-0,12	0,01	0,23	0,24	0,09
	Pós-flexão	-0,08	0,18	0,14	0,15	0,07
Março	Ovos	0,16	0,39	-0,23	-0,11	0,03
	Larvas	-0,17	0,45	-0,10	0,09	-0,06
	Clivagem inicial	-0,02	0,19	-0,04	-0,05	-0,01
	Embrião inicial	0,11	0,34	-0,30	-0,07	0,02
	Cauda livre	0,32	0,23	-0,07	-0,10	0,09
	Larval vitelínico	-	-	-	-	-
	Pré-flexão	-0,10	0,26	0,02	-0,15	-0,04
	Flexão	-0,17	0,33	-0,03	0,06	0,00
	Pós-flexão	-0,11	0,31	-0,13	0,39	-0,10

DISCUSSÃO

Estudos já comprovaram a existência de grande variabilidade espacial da abundância de ovos e de larvas de diferentes espécies de sardinha ao redor do globo (WATANABE *et al.*, 1996; LYNN, 2003; BELLIER *et al.*, 2007; SONG *et al.*, 2012; MHLONGO *et al.*, 2015), inclusive da sardinha-verdadeira ao longo da PCSE na costa brasileira (MATSUURA, 1979; MATSUURA, 1998; GIGLIOTTI *et al.*, 2009; 2010; TURA e KATSURAGAWA, 2011; MORAES *et al.*, 2012).

No presente estudo, os ovos foram encontrados principalmente na região norte de Santa Catarina, e também em algumas estações da região central em torno da ilha de Santa Catarina. A distribuição das larvas foi mais ampla, com picos de concentração em diferentes locais, mas também com grandes abundâncias registradas na parte norte. A região sul da área de estudo foi caracterizada por baixas abundâncias de ovos e ausência de larvas. As áreas costeiras situadas na região central e norte de Santa Catarina, como observado na presente pesquisa, já foram destacadas como regiões importantes para reprodução da sardinha-verdadeira (MATSUURA, 1998; GIGLIOTTI *et al.*, 2010). Em trabalhos realizados em maior escala e ao longo da PCSE, DIAS *et al.* (2014) sugerem que as regiões de São Sebastião (SP) e aquela situada entre Florianópolis (SC) e Paranaguá (PR) são as que apresentam os mais adequados habitats de desova dessa espécie. Apesar disso, dados de coletas realizadas no ano de 2008 mostram uma maior atividade reprodutiva de *S. brasiliensis* na região norte da PCSE (litoral de São Paulo e Rio de Janeiro), e baixa ocorrência ou mesmo ausência de larvas em estações costeiras ao sul (litoral do Paraná e de Santa Catarina) (IBAMA, 2008, 2009). Segundo GIGLIOTTI *et al.* (2010), a variabilidade interanual da concentração de ovos de sardinha-verdadeira pode estar relacionada à contração e expansão dos habitats de desova ao redor da região de Paranaguá.

A sardinha-verdadeira é capaz de explorar a disponibilidade de ambientes mais adequados para desova ao longo da PCSE, e, aparentemente, a disposição desses ambientes é fortemente influenciada pela variabilidade interanual das condições oceanográficas (MATSUURA, 1998; GIGLIOTTI *et al.*, 2010; MORAES *et al.*, 2012;

DIAS *et al.*, 2014). MORAES *et al.* (2012) afirmam que processos de mesoescala, como intrusão da ACAS, frentes termais subsuperficiais e estrutura espacial da temperatura, contribuem para a distribuição dos padrões gerais de ovos e larvas de peixes em larga escala. O presente trabalho, realizado de forma concentrada em uma escala local, mostrou que a distribuição e abundância dos ovos e larvas de *S. brasiliensis* estão relacionadas à circulação das massas de água e à temperatura superficial oceânica.

A maior abundância de ovos e de larvas nas regiões centro e norte do litoral catarinense, observada nos meses de janeiro e março no presente estudo, está relacionada aos efeitos da penetração da ACAS na região costeira, visto que essa massa d'água esteve presente nas camadas mais profundas (abaixo dos 30 m) neste período, como verificado por CECHINEL (2013). A desova e o ciclo de vida da sardinha-verdadeira dependem e são influenciados pela intrusão da ACAS sobre a parte inferior da plataforma continental (MATSUURA, 1998; LOPES *et al.*, 2006). Durante o verão, ventos predominantes de nordeste fazem com que as águas superficiais da plataforma sejam empurradas para fora, de acordo com o transporte de Ekman, e que a ACAS invada a região de plataforma (LOPES *et al.*, 2006). A intrusão dessa massa d'água estabiliza a coluna de água devido à estratificação térmica gerada, traz nutrientes para a costa, enriquecendo as camadas eufóticas, e atua como um mecanismo de retenção, proporcionando condições para a sobrevivência das larvas e o sucesso do recrutamento (MATSUURA, 1998; LOPES *et al.*, 2006).

Essas maiores abundâncias de ovos e de larvas nos meses de janeiro e março, foram encontradas na AC, massa de água mais quente, distribuídas acima da termoclina gerada pela ACAS. Resultado semelhante foi verificado por FREITAS e MUELBERT (2004), que, estudando a distribuição e a abundância de ictioplâncton na PCSE, apuraram que as maiores concentrações de ovos e larvas encontravam-se em águas costeiras, com temperaturas em torno de 24 °C e salinidades mais baixas (33-34), porém, sob influência de águas mais frias presentes no fundo. O estudo de GIGLIOTTI *et al.* (2010) mostra que ovos de sardinha-verdadeira foram encontrados com maior frequência em locais com temperatura entre

22 e 28 °C e salinidade de 32 a 36, condizentes com aquelas registradas na AC no presente estudo. A temperatura acima de 20 °C também parece ter favorecido a distribuição e a abundância dos ovos e das larvas no mês de novembro, ocasião em que foi registrada a presença exclusiva da AC. No presente estudo, os dados de correlação para o mês de março confirmam a relação positiva entre a abundância de ovos e de larvas e a temperatura da água.

Apesar de a ACAS, massa de água rica em nutrientes, aumentar a produtividade primária e a disponibilidade de alimentos, suas baixas temperaturas podem contribuir para uma maior mortalidade de larvas (DIAS *et al.*, 2014). Isso pode estar relacionado à baixa abundância de ovos e ausência de larvas na região sul da área de estudo nos meses de janeiro e março, quando a ACAS esteve presente com maior intensidade, inclusive atingindo a camada superficial. No entanto, a maior abundância de larvas registrada em torno da ilha de Santa Catarina no mês de janeiro também pode estar relacionada ao fenômeno de ressurgência observado na área central (CECHINEL, 2013), pois uma contribuição mais moderada da ACAS nessa região não diminuiria a temperatura da água até valores que provocassem mortalidade maciça das larvas. Alguns trabalhos registram que a intensidade de entrada da ACAS pode influenciar na abundância de ovos e larvas de sardinha (FREITAS e MUELBERT, 2004; LOPES *et al.*, 2006; DIAS *et al.*, 2014).

No presente estudo, as maiores abundâncias de ovos foram encontradas nas estações mais próximas à costa, inclusive com registro do estágio de embrião inicial restrito a esses ambientes (#1 e #2). Com isso, pode-se afirmar que as desovas ocorreram nesses locais mais próximos à costa, pois a sardinha-verdadeira apresenta desenvolvimento embrionário rápido, com duração inferior a 24 horas (MATSUURA, 1998), não havendo tempo para o transporte dos ovos para locais distantes.

Após a eclosão, parece haver uma tendência de deslocamento das larvas em direção à região oceânica, já que abundâncias mais elevadas de larvas nos estágios de flexão e pós-flexão foram registradas nas estações mais afastadas da costa. Essa situação ocorreu, principalmente, nos meses

de janeiro e março, quando se registrou o avanço da ACAS para a região costeira, o que significa que os ventos de nordeste, responsáveis pelo deslocamento das águas superficiais, estavam atuantes, favorecendo o carreamento das larvas pelo transporte de Ekman. O transporte de Ekman pode levar ovos e larvas de peixes para fora da costa e, dependendo da extensão desse transporte, tanto o crescimento como a sobrevivência das larvas podem ser reduzidos (LOPES *et al.*, 2006).

CONCLUSÃO

A região costeira Centro-Norte do estado de Santa Catarina oferece condições para a reprodução e desenvolvimento larval da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, cuja intensidade reprodutiva é afetada pelas condições oceanográficas que atuam na região, como a temperatura e a presença da ACAS. Para esta espécie, as desovas ocorreram em áreas de maior proximidade com a costa, e, após a eclosão, parece haver um transporte gradativo das larvas em direção à região oceânica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pelo financiamento do projeto e pela bolsa de mestrado da primeira autora, além da colaboração das equipes do CEPESUL, UNIVALI, LAPAD e LAPMAR na realização dos cruzeiros e na análise do material.

REFERÊNCIAS

- AHLSTROM, E.H; BUTLER, J.L; SUMIDA, B.Y. 1976 Pelagic stromateoid fishes (Pisces, Perciformes) of the Easter Pacific: kinds, distributions, and early life histories and observations of five of these from the northwest Atlantic. *Bulletin of Marine Science*, 26(3): 285-402.
- BELLIER, E.; PLANQUE, B.; PETITGAS, P. 2007 Historical fluctuations in spawning location of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in the Bay of Biscay during 1967-73 and 200-2004. *Fisheries Oceanography*, 20(1): 1-15.
- CASTRO, B.M. de; LORENZZETTI, J.A.; SILVEIRA, I.C.A. da; MIRANDA, L.B. de 2006 Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo

- de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S. *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Edusp. p.11-120.
- CASTRO FILHO, B.M. e MIRANDA, L.B. 1998 Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A.R. e KENNETH, H.B. *The Sea*. 11. p.209-251.
- CECHINEL, K.C. 2013 *Caracterização físico-química e oceanográfica da Plataforma Continental Interna de Santa Catarina: Subsídio para a gestão da pesca da sardinha-verdadeira (Sardinella brasiliensis)*. Itajaí. 76p. (Dissertação de Mestrado. UNIVALI). Disponível em: <<http://siaibib01.univali.br/pdf/Karen%20Cancellier%20Cechinel.pdf>> Acesso em: 26 fev. 2015.
- CERGOLE, M.C. 1995 Stock assessment of the brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, of the south-eastern coast of Brazil. *Scientia Marina*, 59(3-4): 597-610.
- CERGOLE, M.C. e DIAS NETO, J. 2011 *Plano de gestão para o uso sustentável de sardinha-verdadeira Sardinella brasiliensis no Brasil*. Brasília: Ibama. 180p.
- DIAS, D.; PEZZI, L.; GHERARDI, D; CAMARGO, R. 2014 Modeling the spawning strategies and larval survival of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*). *Progress in Oceanography*, 123: 38-53.
- EMÍLSSON, I. 1961 The shelf and coastal waters of southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 11(2): 101-112.
- ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, Inc. 2010 *ArcGIS Professional GIS for the desktop*, version 10. Software. 2010.
- FREITAS, D.M. de e MUELBERT, J.H. 2004 Ichthyoplankton distribution and abundance off southeastern and southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(4): 601-612.
- GIGLIOTTI, E.S.; PAES, E.T.; GUIMARÃES, A.S.; MORAES, L.E.S.; GHERARDI, D.F.M.; SOUZA, R.B.; KATSURAGAWA, M. 2009 Variações da abundância de larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) na Plataforma Continental Sudeste do Brasil e suas relações com a temperatura superficial do oceano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., Natal, 25-30/04/2009. *Anais...* p.6487-6494.
- GIGLIOTTI, E.S.; GHERARDI, D.F.M.; PAES, E.T.; SOUZA, R.B.; KATSURAGAWA, M. 2010 Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. *Journal of Fish Biology*, 77(10): 2248-2267.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 2008 *Relatório da Reunião do Subcomitê Científico*. Comitê de Gestão do Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira. São Paulo. 01 a 03 de julho de 2008. 34p.
- IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 2009 *Relatório da Reunião do Subcomitê Científico*. Comitê de Gestão do Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira. Itajaí: CEPISUL, 06 a 08 de julho de 2009. 58p.
- KATSURAGAWA, M.; MUELBERT, J. H.; DIAS, J.F. 2006 O ictioplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. e MADUREIRA, L.S. *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil*. São Paulo: Edusp. p.359-446.
- KURTZ, F.W. e MATSUURA, Y. 2001 Food and feeding ecology of Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) from the southeastern Brazilian Bight. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49(1-2): 61-74.
- LOPES, R.M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J.F.; , MONTÚ, M.A.; MUELBERT, J.H.; GORRI, C.; BRANDINI, F.P. 2006 Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the Southern Brazilian shelf: an overview. *Scientia Marina*, 70(2): 189-202.
- LYNN, R.J. 2003 Variability in the spawning habitat of Pacific Sardine (*Sardinops sagax*) off Southern and central California. *Fisheries Oceanography*, 12(6): 541-553.
- MATSUURA, Y. 1971 A study of the life history of brazilian sardines, *Sardinella aurita*: distribution and abundance of sardine eggs in the region of Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 20(1): 33-60.

- MATSUURA, Y. 1975 A study of the life history of brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*: development of sardine larvae. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 24(único): 17-29.
- MATSUURA, Y. 1977a A study of the life history of brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*: IV. Distribution and abundance of sardine larvae. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 26(2): 219-247.
- MATSUURA, Y. 1977b O ciclo de vida da sardinha-verdadeira: introdução à oceanografia pesqueira. *Publicação especial do Instituto Oceanográfico*, 4: 1-146.
- MATSUURA, Y. 1979 Distribution and abundance of eggs and larval of the brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, during 1974-75 and 1975-76 seasons. *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography*, 34: 1-12.
- MATSUURA, Y. 1998 Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46(1): 33-43.
- MIRANDA, L.B. 1985 Forma da correlação T-S de massas de águas das regiões costeiras e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a ilha de São Sebastião (SP), Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 33(2): 105-119.
- MHLONGO, N.; YEMANE, D.; LINGEN, C. 2015 Have the spawning habitat preferences of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardinops sagax*) in the southern Benguela changed in recent years? *Fisheries Oceanography*, 24(1): 1-14.
- MORAES, L.E. de S.; GHERARDI, D.F.M.; KATSURAGAWA, M.; PAES, E.T. 2012 Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) spawning and nursery habitats: spatial-scale partitioning and multiscale relationships with thermohaline descriptors. *Ices Journal of Marine Science*, 69(6): 939-952.
- MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. 2013 *Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura* 2011. 60p.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A.A.; BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P.V.; MAKRAKIS, M.C.; PAVANELLI, C.S. 2001 *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá: Eduem. 378p.
- SONG, H.; MILLER, A.; MCCLATCHIE, S.; NIETO, K.; CHECKEY JR, D. 2012 Application of a data-assimilation model to variability of Pacific sardine spawning and survivor habitats with ENSO in the California Current System. *Journal of Geophysical Research*, 117: 15p. C03009.
- STRICKLAND, J.D.H. e PARSONS, T.R. 1972 *A practical handbook of seawater analysis*. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, 167: 1-205.
- TURA, P.M. e KATSURAGAWA, M. 2011 Distribuição de ovos de *Sardinella brasiliensis* na plataforma continental sudeste, uma revisão bibliográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 5., Santos, 17-20/04/2011. *Anais...* p.1-4.
- WATANABE, Y.; ZENITANI, H.; KIMURA, R. 1996 Offshore expansion of spawning of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, and its implication for egg and larval survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(1): 55-61.