



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE FLORIANÓPOLIS CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Greice Leite de Freitas

Desempenho zootécnico, desenvolvimento ovariano e maturação sexual de *Sardinella  
brasiliensis* (Steindachner, 1879), no primeiro ano em cativeiro

Florianópolis, SC

2021

Greice Leite de Freitas

Desempenho zootécnico, desenvolvimento ovariano e maturação sexual de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no primeiro ano em cativeiro

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientador: Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.  
Coorientador: Fabio Carneiro Sterzelecki, Dr.

Florianópolis, SC

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Freitas, Greice Leite de  
Desempenho zootécnico, desenvolvimento ovariano e  
maturação sexual de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner,  
1879), no primeiro ano em cativeiro / Greice Leite de  
Freitas ; orientador, Vinicius Ronzani Cerqueira, 2021.  
47 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Reprodução em cativeiro. 3.  
Desenvolvimento ovocitário. 4. Primeira maturação. I.  
Cerqueira, Vinicius Ronzani . II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.  
III. Título.

Greice Leite de Freitas

**Desempenho zootécnico, desenvolvimento ovariano e maturação sexual de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no primeiro ano em cativeiro**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Evoy Zaniboni Filho, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Paulo de Tarso da Cunha Chaves, Dr.  
Universidade Federal do Paraná

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Aquicultura.

---

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

---

Prof. Vinicius Ronzani Cerqueira, Dr.(a)

Orientador

Florianópolis/SC, 2021.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, que se fizeram presentes na distância.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pela dedicação a minha educação, por me oferecerem aquilo que nem mesmo eles tiveram. Me ensinaram a lutar pelos sonhos e objetivos sem esquecer a minha base e aqueles que sempre estiveram do meu lado.

Agradeço aos meus irmãos, por além de acreditarem nas minhas escolhas, também me apoiaram de diversas maneiras.

Agradeço a toda equipe LAPMAR, aos que iniciaram comigo e aos que entraram no decorrer do percurso, se não fosse pela parceria da equipe durante 01 ano de acompanhamento, eu sozinha não teria conseguido. Obrigada, por tudo que envolve as coletas e os cuidados diários de um tanque de cultivo.

Agradeço ao meu orientador, ao coorientador e ao técnico do laboratório por me mostrarem o caminho de um bom trabalho.

Em nome do Carlito, agradeço a Pós-graduação por todo suporte dado, a CAPES pelo financiamento durante os 2 anos de mestrado e a prorrogação durante a pandemia. Esse apoio foi essencial para que pudesse finalizar essa etapa.

Por fim, agradeço aquele que me mostrou o início desse sonho, em 2018, Mario Lima. Você foi o primeiro que contei meus planos, e foi você que me deu a dica do mestrado e foi você o primeiro a saber quando passei. E será em você que vou pensar quando essa etapa encerrar. Obrigada por tudo meu amigo, que Deus te tenha em um bom lugar, pois é grande a saudade de ti como amigo e como engenheiro de pesca.

Obrigado meu Deus, por ter colocado em meu caminho pessoas que tornaram essa jornada mais leve.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) está entre os peixes marinhos mais capturados no Brasil, fornecendo juvenis para a pesca de atuns e adultos para a indústria alimentícia. Contudo, diante dos frequentes colapsos do estoque pesqueiro, a aquicultura apresenta-se como uma excelente alternativa para atender esta demanda. Nesse contexto, o conhecimento sobre a reprodução em cativeiro é essencial e, portanto, o presente estudo descreve o processo de primeira maturação sexual da sardinha-verdadeira em laboratório. Após desova espontânea de reprodutores de primeira geração (F1), larvas de sardinha-verdadeira foram criadas em sistema intensivo, 30 dias após a eclosão, um lote de 2.000 juvenis (F2) em confinamento, durante 12 meses. Os peixes foram alimentados com dieta comercial a uma taxa de 5% da biomassa por dia, nos primeiros três meses de vida e, após, até a saciedade aparente. Parâmetros físico-químicos da água foram medidos periodicamente. Amostragens mensais foram realizadas para coleta de parâmetros biométricos e coleta de gônadas, para determinação do crescimento, da relação gonadossomática e desenvolvimento ovariano. Os resultados mostraram que o L<sub>50</sub> do lote foi aos 5 meses de idade e 10,7 cm e L100 aos 13,6 meses de idade com 15 cm de comprimento, além de identificar através de histologia que o lote entrou na subfase de desenvolvimento inicial aos cinco meses de idade, dando início ao ciclo reprodutivo. Com isso, o lote passou a converter energia de crescimento em maturação, direcionando o seu crescimento ao peso, como indica o crescimento alométrico positivo. Através das análises histológicas é possível visualizar que o ovário de sardinha-verdadeira possui desenvolvimento ovocitário “sincrônico em mais de dois grupos”, podendo reproduzir mais de uma vez por ano.

**Palavras-chave:** Aquicultura. Reprodução em cativeiro. Desenvolvimento ovocitário. Primeira maturação.

## ABSTRACT

Sardine (*Sardinella brasiliensis*) is among the most caught marine fish in Brazil, providing juveniles for tuna fishing and adults for the food industry. However, given the frequent collapse of fish stocks, aquaculture presents itself as an excellent alternative to meet this demand. In this context, knowledge about reproduction in captivity is essential and, therefore, the present study describes the process of first sexual maturation of veritable sardines in the laboratory. After spontaneous spawning of first generation broodstock (F1), sardine larvae were reared in an intensive system, 30 days after hatching, in a batch of 2,000 juveniles (F2) in feedlot for 12 months. The fish were fed a commercial diet at a rate of 5% of biomass per day, in the first three months of life and, thereafter, until apparent satiety. Physical-chemical parameters of the water were periodically measured. Monthly samples were taken to collect biometric parameters and collect gonads to determine growth, gonadosomatic relationship and ovarian development. The results showed that the L50 of the batch was at 5 months of age and 10.7 cm and L100 at 13.6 months of age with 15 cm in length, in addition to identifying through histology that the batch entered the sub-phase of initial development at five months of age, starting the reproductive cycle. As a result, the batch started to convert growth energy into maturation, directing its growth to weight, as indicated by the positive allometric growth. Through histological analysis it is possible to see that the ovary of sardines has “synchronous oocyte development in more than two groups”, being able to reproduce more than once a year.

**Keywords:** Aquaculture. Captive breeding. Oocyte development. First maturation.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Relação peso-comprimento de fêmeas da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida (n = 210). .....29
- Figura 2 Relação gonadossomática (RGS) das fases de maturação sexual da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida.....30
- Figura 3 Frequência relativa de fêmeas sexualmente maduras por classe de comprimento da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. Fórmula sigmoideal:  $\text{Log}X_b = \text{Log} 4.896^{10} + (1/0,3704) * \text{Log}((2^{(1/1,68310)})-1)$   $r^2=0,99$ ..... 31
- Figura 4 Secções histológicas de ovários, mostrando células germinativas através de cortes transversais, da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. (A e B) células germinativas primárias. (C) ovócito alvéolo cortical. (D) ovócito vitelogênico primário. (E) ovócito vitelogênico secundário. (F) ovócito vitelogênico terciário. (G) ovócito maduro. (H) Folículo pós-ovulatório. (I) Ovócito atrésico. Onde: NCG. Ninhos de células germinativas; OVG. Ovogônia; OCN. Ovócito cromatina nucleolar; OPN. Ovócito perinucleolar; AC. Alvéolo cortical; GO. Gota de óleo; GV. Granulo de vitelo; MGV. Migração da vesícula germinativa; ZR. Zona radiata; MI. Micrópila; Seta: Núcleo. Asterisco: Nucléolo ..... 33
- Figura 5 Ovócitos em fases diferentes e migração da vesícula germinativa em direção à micrópila da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. A) Ovócitos em diferentes fases mostrando a diferença na zona radiata. (B) Formação da micrópila. Onde: 1. Ovócito cromatina nucleolar; 2. Ovócito perinucleolar. 3. Ovócito alvéolo cortical; 4. Ovócito vitelogênico primário; 5. Ovócito vitelogênico secundário; 6. Ovócito vitelogênico terciário; 7. Zona radiata. 8. Alvéolo cortical; 9. Grânulo de vitelo; 10. Micrópila..... 34
- Figura 6 Visualização macroscópica dos estádios de desenvolvimento de ovários de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. A: Gônada “imatura”, com 6 meses de vida. B: Gônada “em desenvolvimento”, com 6 meses de vida. C: Gônada “madura”, com 8 meses de vida..... 35
- Figura 7 Secções transversais histológicas dos ovários da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. (A) imaturo; (B) subfase de desenvolvimento; (C) desenvolvimento; (D) capaz de desova; (E) subfase desova ativa. Onde: 1. Células germinativas primárias; 2. Ovócitos crescimento secundário; 3. Ovócitos em maturação; 4. Ovócitos maduros, 5. Ovócito atrésico. .... 37

Figura 8	Frequência mensal das fases de desenvolvimento dos ovários de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida.....	38
----------	---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de qualidade de água (média $\pm$ dp) do lote de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. ....	23
Tabela 2 Dados de desempenho zootécnico do lote de fêmeas de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida (média $\pm$ dp). Comprimento total (CT), peso total (PT), crescimento absoluto peso (CAbP), crescimento absoluto comprimento (C.AbC), crescimento relativo peso (CRP), crescimento relativo comprimento (CRC), taxa de crescimento específico do peso (TCEP), taxa de crescimento específico do comprimento (TCEC), fator de condição (K).....	28
Tabela 3 Dados relativos à maturação sexual do lote de fêmeas de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida (média $\pm$ dp). N e % de fêmeas, índice de gordura visceral (IGV), relação hepatossomática (RHS) e relação gonadossomática (RGS).....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
AQUOS	Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos
CEUA/UFSC	Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina
CT	Comprimento total
DAE	dias após a eclosão
FPO	Folículo Pós-Ovulatórios
GO	Gota de Óleo
GV	Granulo de Vitelo
HCG	Gonadotrofina Coriônica Humada
HE	Hematoxilina-eosina
LAPMAR	Laboratório de Piscicultura Marinha
LHRHa	Análogo do hormônio liberador de gonadotrofina
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MVG	Migração da vesícula germinativa;
MI	Micrópila
MO	Maturação ovocitária
NCG	Ninhos de Células Germinativas
AC	Alvéolos Corticais
OCP	Ovócito Crescimento Primário
OCN	Ovócito cromatina nucleolar
OPN	Ovócito Perinucleolar
OVG	Ovogônia
POF	Folículo pós Ovulatório
PT	Peso Total
RGS	Relação Gonadossomática
SAP	Secretaria de Aquicultura e Pesca
TCE	Taxa de Crescimento Específico
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
VTgI	Ovócito Vitelogênico Primário
VTgII	Ovócito Vitelogênico Secundário
VTgIII	Ovócito Vitelogênico Terciário
ZR	Zona Radiata

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
1.1	Aquicultura Marinha.....	13
1.2	Aspectos biológicos e Produção da Sardinha-verdadeira.....	14
1.3	maturação de peixes.....	16
1.4	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.3</b>	<b>Estrutura do trabalho .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>Artigo científico.....</b>	<b>19</b>
2.1	Desenvolvimento ovariano e maturação sexual de <i>Sardinella brasiliensis</i> (Steindachner, 1879) no primeiro ano em cativeiro .....	19
2.2	INTRODUÇÃO .....	20
2.3	MATERIAL E MÉTODOS .....	22
<b>2.3.1</b>	<b>Origem dos peixes .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Manutenção dos juvenis .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Desempenho Zootécnico .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Acompanhamento da maturação sexual.....</b>	<b>24</b>
2.3.4.1.1	Relações gonadossomática e hepatossomática e índice de gordura visceral .....	24
2.3.4.2	<i>Tamanho de primeira maturação .....</i>	25
2.3.4.3	<i>Processamento histológico dos ovários.....</i>	25
2.3.4.4	<i>Descrição do desenvolvimento ovocitário.....</i>	26
<b>2.3.5</b>	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>27</b>
2.4	RESULTADOS .....	27
<b>2.4.1</b>	<b>Desempenho Zootécnico.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Maturação sexual.....</b>	<b>29</b>
2.4.2.1	<i>Descrição do Desenvolvimento Ovocitário .....</i>	31
2.5	DISCUSSÃO .....	38
2.6	CONCLUSÕES .....	40
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
	<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>44</b>

# 1 INTRODUÇÃO GERAL

## 1.1 AQUICULTURA MARINHA

Embora o valor nutricional possa variar, peixes e crustáceos são, em geral, boas fontes de nutrientes. O peixe é facilmente digerível e contém uma composição de aminoácidos bem equilibrada. Na alimentação, os peixes são considerados saudáveis, não só pelo teor de ácidos graxos ômega-3, mas também por seu teor de micronutrientes e aminoácidos (LUTEN; SCHRAM; ELVEVOLL, 2008).

Na aquicultura, o valor nutricional qualifica a utilização de pescado na composição de ração em cultivos que demandam uma dieta de qualidade (HERMANNSDOTTIR et al., 2009). Broggi et al. (2017) avaliou a eficiência do hidrolisado de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá, o qual obteve resultado positivo para estimular o início da alimentação de juvenis quando inoculado na água ou incluso nos pellets de ração.

Além de fornecer nutrientes necessários à saúde humana, a aquicultura também está diretamente ligada com a sustentabilidade, pois reduz a pressão na captura de peixes selvagens, como também na produção de proteína animal que por sua vez deixa uma pegada ecológica menor do que a produção de animais terrestres (FAO, 2014; NAYLOR et al., 2000).

A tecnologia utilizada para aumentar as fontes de alimentos aquáticos, pescados em geral, pode diminuir a pressão de estoques selvagens e de ecossistemas ao reduzir as atividades de pesca, promovendo a conservação marinha (LONGO et al. 2019).

Gentry et al. (2017) mapearam o potencial de produção biológica para a aquicultura marinha em quase todo o mundo e, mesmo depois de aplicar restrições substanciais com base nos usos e limitações existentes no oceano, encontraram várias áreas em quase todos os países costeiros adequadas para a aquicultura.

Em 2018, a produção mundial em aquicultura atingiu a marca de 82,1 milhões de toneladas, destas 7,3 milhões de toneladas são oriundas da aquicultura marinha e costeira, moluscos bivalves atingiram 17,7 milhões de toneladas, crustáceos 9,4 milhões e a aquicultura continental teve o maior crescimento atingindo 47 milhões de toneladas (FAO, 2020).

O Brasil faz parte do grupo de países que estão bem posicionados para a produção de aquicultura marinha sustentável de peixes e bivalves (DAVIES et al., 2019). O litoral brasileiro é extenso, com uma costa de 8,5 mil km e apresenta ótimas condições ambientais e de infraestrutura para o desenvolvimento e crescimento da aquicultura marinha, porém apesar da reprodução de peixes marinhos em cativeiro ser bastante estudada ainda é instável (CAVALLI, 2012).

Entre as vantagens de produção de pescado marinho no Brasil, está a diversidade de espécies com alto potencial aquícola e econômico (CAVALLI; HAMILTON, 2007), tais como: robalo-peva (*Centropomus parallelus*), tainha (*Mugil liza*) e linguado (*Paralichthys orbignyanus*) (BALDISSEROTTO; GOMES, 2005). Cergole; Dias Neto (2011) destaca a sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) como uma das espécies mais importantes para o setor pesqueiro no Brasil.

## 1.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS E PRODUÇÃO DA SARDINHA-VERDADEIRA

A *Sardinella* é um dos gêneros de peixes que mais podem ser encontrados ao redor do mundo, com distribuição no Oceano Atlântico e Indo-Pacífico (CERGOLE; DIAS NETO, 2011). No Brasil, a espécie encontrada é a *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), conhecida popularmente como sardinha-verdadeira, um peixe pelágico de pequeno porte, que forma cardumes e pertence à ordem Clupeiformes, está distribuída por toda a costa Sul e Sudeste do país (JABLONSKI, 2007).

Endêmica do Brasil, a sardinha-verdadeira é um peixe planctívoro, pelágico e pertencente à família Clupeidae, de pequeno porte, corpo lateralmente comprimido e prateado. É uma espécie que forma grandes cardumes, com reprodução parcelada e fecundação externa dos ovos. O ciclo de vida é curto, o crescimento é rápido e apresenta altas taxas tanto de mortalidade quanto de fecundidade (entre 30.000 e 40.000 ovócitos por fêmea por desova) (CERGOLE; DIAS NETO, 2011). Os ovos são livres e planctônicos, com eclosão aproximadamente 19 h depois da desova (MATSUURA, 1998). É uma espécie r-estrategista, o  $L_{50}$ , comprimento médio em que metade da população selvagem inicia o processo de maturação sexual é de 16 cm, com aproximadamente um ano e meio de vida, estando todos os indivíduos maduros ( $L_{100}$ ) entre 21 e 22 cm (VAZZOLER, 1962).

Cergole; Dias Neto (2011) identificaram que a época de maturação, desova e recuperação gonadal da sardinha-verdadeira selvagem, ocorre principalmente na primavera, verão e outono, com os picos de desova entre dezembro e janeiro. Porém, em cativeiro, Magnotti et al. (2020) documentaram desova espontânea durante todos os meses do ano, entre 2017 e 2018, em um lote de primeira geração (F1) de sardinha-verdadeira, mantidos em condições naturais, em tanque circular de 8.000L na região de Florianópolis, Brasil (27° 34' 02" S, 48° 25' 44" W).

Seguindo estudos de reprodução da população selvagem de sardinhas, a fim de garantir a manutenção da espécie na natureza, a Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), publicou a Instrução Normativa

SAP/MAPA nº 18, que estabelece o período de defeso a partir de 1º de outubro até 28 de fevereiro de cada ano, na área entre 22° 00' Sul (Cabo de São Tomé, Estado do Rio de Janeiro) e 28° 36' Sul (Cabo de Santa Marta, Estado de Santa Catarina) (IN nº 18, de 10 de junho de 2020).

O gênero *Sardinella* compõe a lista dos mais capturados no mundo (FAO, 2018), e no Brasil, a *Sardinella brasiliensis* é uma das espécies mais importantes da pesca marinha, com forte contribuição para o mercado consumidor de peixes (PAIVA; MOTTA, 1999). Responsável pela manutenção de duas grandes cadeias de processamento industrial de pescado, a *Sardinella brasiliensis* mantém a produção de conservas (enlatados) de sardinha e de atum (IBAMA, 2007).

A primeira cadeia de processamento é ligada a indústria de enlatado de sardinhas adultas. E a segunda cadeia, é a utilização de juvenis de sardinhas como isca-viva para captura de atuns (IBAMA, 2007).

Ibama (2006) identificou a existência de cerca de 260 embarcações operando irregularmente na captura de isca-viva, no Espírito Santo. Na região sul do estado atuavam 40% das embarcações e os outros 60% atuavam na região norte do estado.

No município de Itajaí-SC, cerca de 50 empresas produzem mais de um milhão de latas de sardinha e atum por dia (SOUSA et al., 2020). No Estado de Santa Catarina o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira da UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí, identificou um decréscimo na produção de sardinha entre os anos de 2013 e 2017, com cerca de 30.834 toneladas em 2013 e 11.540 toneladas em 2017, e 11.809 toneladas em 2018 (UNIVALI/EMCT/LEMA, 2020). Esta queda na captura pode estar ligada à baixa abundância do estoque, resultante de fatores ambientais ou de sobrepesca (CERGOLE; NETO, 2011).

Entre outubro de 2010 e abril de 2011, o juvenil de sardinha-verdadeira correspondeu a 89% das iscas-vivas utilizadas na captura do atum. Para cada kg de juvenil de sardinha foram capturados 25,06 kg de atum (OCCHIALINI, 2013).

Com o declínio da captura de peixes selvagens, ressaltasse a importância da aquicultura e o conhecimento da biologia reprodutiva para a adaptação das espécies em cativeiro. O pouco conhecimento da biologia reprodutiva dos peixes é um dos pontos citados por Cerqueira et al. (2017) que dificultam a produção intensiva de peixes, além de destacar que os trabalhos sobre a reprodução artificial da sardinha-verdadeira, iniciados em 2011, com animais capturados no ambiente natural.

Em 2010, sardinhas capturadas no ambiente natural apresentaram, após 40 dias, um desenvolvimento significativo dos estádios de maturação, demonstrando uma rápida adaptação

ao cativeiro (PEREIRA, 2010). No ano de 2011, juvenis selvagens de sardinhas-verdadeira foram criados em cativeiro até a fase adulta, gerando posteriormente ovos fertilizados através da maturação final e desova induzidas em laboratório com os hormônios hCG (Gonadotrofina Coriônica Humana) e LHRHa (análogo do hormônio liberador de gonadotrofina) (PASSINI et al., 2011). Silva (2013) identificou uma rápida adaptação da sardinha capturada no ambiente natural ao cativeiro, obtendo resultados positivos na taxa de crescimento e aceitação do alimento artificial.

Contudo, conhecer a biologia reprodutiva dos peixes é importante para uma boa avaliação dos parâmetros populacionais e essencial na piscicultura (BROWN-PETERSON et al., 2011). Estudos sobre o ciclo de maturação sexual de animais provenientes de reprodução em laboratório podem contribuir com o conhecimento da adaptação fisiológica e do comportamento reprodutivo da sardinha em cativeiro.

### 1.3 MATURAÇÃO DE PEIXES

As formas e padrões de ciclo de vida dos peixes são as mais variadas dentre os vertebrados. Diversas táticas utilizadas na estratégia reprodutiva possibilitam a obtenção de sucesso em ambientes distintos na reprodução (VAZZOLER, 1996). Assim, o tipo de desova, relacionado ao tipo de desenvolvimento ovocitário e à frequência de liberação de ovócitos maduros em um período de reprodução, e a fecundidade, relacionada ao tamanho dos indivíduos e às condições ambientais, tanto em espécies de água doce como marinhas, apresentam variações consideráveis (BARROS et al., 2016).

Entre os fatores que modulam as respostas táticas reprodutivas estão os modos como a espécie usa recursos energéticos disponibilizados no meio ambiente, como a alimentação, a qual determina sua estratégia de ciclo de vida (VAZZOLER, 1996). A exemplo, são os estudos realizados com *Sardinella aurita*, onde mostraram que a maturação acompanhou o pico de produção primária, variando o início do período da desova durante dois anos de amostragem (TSIKLIRAS; ANTONOPOULOU, 2006).

Outro fator, citado por Vazzoler (1996), é o comprimento e idade da primeira maturação gonadal, dependendo da disponibilidade de alimento, em como a espécie utiliza esse recurso alimentar, além de variações interespecíficas, como a temperatura, podem interferir na idade e comprimento de primeira maturação desses animais.

O potencial reprodutivo dos peixes adultos é influenciado pela primeira maturação sexual, que corresponde à transição do estágio juvenil para adulto, pois a idade e o comprimento

na primeira maturação determinam parcialmente a duração do ciclo reprodutivo e a duração do período de desova desses indivíduos (SINOVČIĆ et al., 2008).

O ciclo reprodutivo abrange o desenvolvimento gonadal necessário para que peixes adultos desovem no momento apropriado, incluindo a preparação do epitélio germinativo para a próxima estação de desova (BROWN-PETERSON et al., 2011). Nas fêmeas, a caracterização das células germinativas em diferentes estágios, permite entender os processos envolvidos no desenvolvimento ovariano.

O desenvolvimento ovariano pode seguir um dos três padrões principais; a) sincrônico, onde todos os ovócitos completam o crescimento, maturação e ovulação ao mesmo tempo e durante a desova são todos eliminados em uma única vez; b) sincrônico em grupo, onde duas ou mais populações distintas ou ninhadas de ovócitos em diferentes estágios de crescimento ou maturação estão presentes no ovário durante o ciclo reprodutivo e mais de um lote de ovos é ovulado em sucessão durante a estação de desova; e c) assincrônico, onde ovócitos em todos os estágios de desenvolvimento são encontrados no ovário, sem uma população dominante em nenhum estágio específico, e ovócitos são recrutados para maturação e ovulação em muitos lotes durante a estação de desova (VAZZOLER, 1996).

As mudanças estruturais iniciam com a formação de células germinativas primárias, como a ovogônia e subsequente transformação em ovócitos primários, com o início da meiose. Em seguida, há um crescimento constante do ovócito durante a vitelogênese, que acumula reservas nutricionais necessárias para o desenvolvimento do embrião (LUBZENS et al., 2010).

Na sardinha-verdadeira selvagem, a primeira descrição morfológica e histológica de ovários foi realizada entre 1978 e 1979, por Isaac-Nahum et al. (1983), com fêmeas adultas que mediam mais de 17 cm. Pereira (2011) descreveu as características microscópicas do desenvolvimento ovocitário de sardinhas selvagens capturadas em São Francisco do Sul-SC (26° 12' 01" S e 48° 31' 04" W), com comprimento médio de 19,4 cm, usando os estágios de classificação descritos por Vazzoler (1996).

Além do acompanhamento do desenvolvimento ovocitário, outro fator importante é a análise da Relação Gonadossomática (RGS), que expressa a porcentagem que as gônadas representam do peso dos indivíduos, pois a cada desova ocorre uma marcada redução no peso das gônadas, reiniciando seu aumento no ciclo seguinte (VAZZOLER, 1996). Pereira (2011) encontrou o valor máximo de RGS de 5,51 para a sardinha-verdadeira selvagem mantida em tanque-rede, já demonstrando a adaptação da espécie ao confinamento.

O conhecimento da biologia reprodutiva das diferentes espécies de peixes é essencial para o desenvolvimento da piscicultura, possibilitando o manejo reprodutivo e a adaptação da

espécie ao cativo (ANDRADE; YASUI, 2003). Assim, conhecer o tamanho e a idade de primeira maturação em cativo e outras estratégias que caracterizam o ciclo de vida dos peixes é essencial para definir seu potencial reprodutivo (BROOKS et al., 2008).

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo geral

Descrever o crescimento e o processo de primeira maturação sexual da fêmea da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) nascida em laboratório no primeiro ano de vida.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Descrever a relação gonadossomática;
- Descrever o desenvolvimento das gônadas através de análises histológicas;
- Determinar o tamanho e idade de primeira maturação sexual;
- Avaliar o desempenho zootécnico (taxa de crescimento);

### 1.4.3 Estrutura do trabalho

A dissertação foi organizada em apenas um artigo, formatado conforme as normas da revista Aquaculture Research.

## 2 ARTIGO CIENTÍFICO

### 2.1 DESENVOLVIMENTO OVARIANO E MATURAÇÃO SEXUAL DE *SARDINELLA BRASILIENSIS* (STEINDACHNER, 1879) NO PRIMEIRO ANO EM CATIVEIRO

Greice Leite de Freitas\*; Fabio Carneiro Sterzeleck; Caio Magnotti; Vanessa Martins da Rocha; Fernanda Scheuer; Lucas Cardoso; Mauricio Laterça Martins; Vinicius Ronzani Cerqueira.

Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR), Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

\*greicelfreitas@gmail.com (autor para correspondência)

#### RESUMO

A sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) está entre os peixes marinhos mais capturados no Brasil, fornecendo juvenis para a pesca de atuns e adultos para a indústria alimentícia. Contudo, diante dos frequentes colapsos do estoque pesqueiro, a aquicultura apresenta-se como uma excelente alternativa para atender esta demanda. Nesse contexto, o conhecimento sobre a reprodução em cativeiro é essencial e, portanto, o presente estudo descreve o processo de primeira maturação sexual da sardinha-verdadeira em laboratório. Após desova espontânea de reprodutores de primeira geração (F1), larvas de sardinha-verdadeira foram criadas em sistema intensivo, um lote de 2.000 juvenis (F2) foi acompanhado durante 12 meses. Alimentação foi realizada com dieta comercial a uma taxa de 5%/dia nos primeiros três meses de vida e, após, até a saciedade aparente. Parâmetros físico-químicos da água foram medidos periodicamente. Amostragens mensais foram realizadas para coleta de parâmetros biométricos e coleta de gônadas, para determinação do crescimento, da relação gonadossomática e desenvolvimento ovariano. Os resultados mostraram que o L<sub>50</sub> do lote foi aos 5 meses de idade e 10,7 cm e L<sub>100</sub> aos 13,5 meses de idade com 15 cm de comprimento, além de identificar através de histologia que o lote entrou na subfase de desenvolvimento inicial aos cinco meses de idade, dando início ao ciclo reprodutivo. Com isso, o lote passou a converter energia de crescimento em maturação, direcionando o seu crescimento ao peso, como indica o crescimento alométrico positivo. Através das análises histológicas é possível visualizar que o ovário de sardinha-verdadeira possui desenvolvimento ovocitário “sincrônico em mais de dois grupos”, podendo reproduzir mais de uma vez por ano.

**Palavras-chave:** Aquicultura. Reprodução em cativeiro. Desenvolvimento ovocitário. Primeira maturação.

## 2.2 INTRODUÇÃO

O conhecimento da biologia reprodutiva das diferentes espécies de peixes é essencial para o desenvolvimento da piscicultura, junto com a capacidade de domesticação, através da adaptação da espécie ao cativeiro e ao manejo reprodutivo (Andrade & Yasui, 2003). Conhecer o comprimento e a idade de maturação em cativeiro, e as estratégias para adaptação são parâmetros importantes no ciclo de vida dos peixes e são essenciais para o cálculo do potencial reprodutivo (Brooks et al., 2008).

O potencial reprodutivo dos peixes adultos é influenciado pela primeira maturação sexual, que corresponde à transição do estágio juvenil para adulto, pois a idade e o comprimento na primeira maturação determinam parcialmente a duração do ciclo reprodutivo e a duração do período de desova desses indivíduos (Sinovčić et al., 2008).

O ciclo reprodutivo abrange o desenvolvimento gonadal necessário para que peixes adultos desovem no momento apropriado, incluindo a preparação do epitélio germinativo para a próxima estação de desova (Brown-Peterson et al., 2011). Nas fêmeas, a caracterização das células germinativas em diferentes estágios, permite entender os processos envolvidos no desenvolvimento ovariano.

As mudanças estruturais iniciam com a formação de células germinativas primárias, como a ovogônia e subsequente transformação em ovócitos primários, com o início da meiose. Em seguida, há um crescimento constante do ovócito durante a vitelogênese, que acumula reservas nutricionais necessárias para o desenvolvimento do embrião (Lubzens et al., 2010).

Na sardinha-verdadeira selvagem, a descrição morfológica e histológica de ovários foi realizada entre 1978 e 1979, na costa brasileira entre 22° S e 28° S, por Isaac-Nahum et al. (1983), com fêmeas adultas que mediam mais de 17 cm. Pereira (2010) descreveu as características microscópicas do desenvolvimento ovocitário de sardinhas selvagens capturadas em São Francisco do Sul-SC (26° 12' 01" S e 48° 31' 04" W), com comprimento médio de 19,4 cm, usando a classificação proposta por Vazzoler (1996).

Além do acompanhamento do desenvolvimento ovocitário, outro fator importante é a análise da Relação Gonadossomática (RGS), que expressa a porcentagem que as gônadas representam do peso dos indivíduos, pois a cada desova ocorre uma marcada redução no peso das gônadas, reiniciando seu aumento no ciclo seguinte (Vazzoler, 1996). Pereira (2010) encontrou o valor máximo de RGS 5,51 para a sardinha-verdadeira selvagem criada em tanque-rede, demonstrando a adaptação da espécie ao confinamento.

Entre as diversas espécies marinhas de importância econômica, o gênero *Sardinella* está entre os peixes pelágicos mais importantes no mundo, compondo a lista dos mais capturados (FAO, 2018). Segundo a FAO (2020), a captura de *Sardinella pilchardus* foi de 1 milhão de toneladas por ano desde 2014, e a de *Sardinella aurita* de 220 mil toneladas em 2017. No Brasil, a espécie a *Sardinella brasiliensis*, conhecida como sardinha-verdadeira, distribui-se ao longo da costa entre os estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina, sendo considerada o pescado marinho mais capturado no Brasil (Cergole & Dias Neto, 2011). Em 2013, a captura foi de 100.000 toneladas, o que se considerou como sobreexploração (FAO, 2016).

Responsável pela manutenção de duas grandes cadeias de processamento industrial de pescado, a *Sardinella brasiliensis* mantém a produção de conservas (enlatados) de sardinha e de atum (IBAMA, 2007). A primeira cadeia de processamento é ligada a indústria de enlatado de sardinhas adultas. E a segunda cadeia, é a utilização de juvenis de sardinhas como isca-viva para captura de atuns (IBAMA, 2007).

Ibama (2006) identificou a existência de cerca de 260 embarcações operando irregularmente na captura de isca-viva, no Espírito Santo. Na região sul do estado atuavam 40% das embarcações e os outros 60% atuavam na região norte do estado.

No município de Itajaí-SC, cerca de 50 empresas produzem mais de um milhão de latas de sardinha e atum por dia (SOUSA et al., 2020). No Estado de Santa Catarina o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira da UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí, identificou um decréscimo na produção de sardinha entre os anos de 2013 e 2017, com cerca de 30.834 toneladas em 2013 e 11.540 toneladas em 2017, e 11.809 toneladas em 2018 (UNIVALI/EMCT/LEMA, 2020). Esta queda na captura pode estar ligada à baixa abundância do estoque, resultante de fatores ambientais ou de sobrepesca (CERGOLE; NETO, 2011).

Entre outubro de 2010 e abril de 2011, o juvenil de sardinha-verdadeira correspondeu a 89% das iscas-vivas utilizadas na captura do atum. Para cada kg de juvenil de sardinha foram capturados 25,06 kg de atum (OCCHIALINI, 2013).

A sardinha-verdadeira, pertencente à família Clupeidae, é um peixe planctívoro de pequeno porte, corpo lateralmente comprimido e prateado. É uma espécie que forma grandes cardumes, com desovas múltiplas e fecundação externa dos ovos pelágicos. O ciclo de vida é curto, atingindo em média três anos de vida, o crescimento é rápido (17 cm com 1,5 anos) e apresenta alta taxa de fecundidade (entre 20.000 e 35.000 ovócitos por fêmea por desova) (Cergole & Neto, 2011). É uma espécie r-estrategista e o  $L_{50}$  na natureza (comprimento médio em que metade dos indivíduos começam a maturar) é de 16-17 cm, com aproximadamente um

ano e meio de vida, e o  $L_{100}$  (comprimento médio em que todos iniciaram maturação) é de 21-22 cm (Vazzoler, 1962).

Diante da importância da sardinha-verdadeira na produção de pescados e a necessidade de compreensão do desenvolvimento gonadal no crescimento deste peixe, este estudo teve como objetivo usar técnicas histológicas para descrever o processo de primeira maturação sexual e o crescimento de fêmeas de *Sardinella brasiliensis* nascidas em cativeiro, determinando o tamanho e idade de primeira maturação, assim como o período de desova.

## 2.3 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.3.1 Origem dos peixes

As práticas e o manejo utilizados no estudo foram aprovadas pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (CEUA/UFSC) sob número de protocolo 7835051019.

Os juvenis de *Sardinella brasiliensis* foram obtidos a partir de uma única desova espontânea das matrizes reprodutoras (F1) no Laboratório de Piscicultura Marinha (LAPMAR/UFSC, 27° 35' 8.960" S; 48° 26' 24.235" W). As larvas foram criadas em tanque circular de 8.000 L em sistema semi-intensivo com água verde. A larvicultura seguiu o recomendado por Cerqueira et al. (2017) e Cerqueira et al. (2020), com a alimentação feita com rotíferos *Brachionus rotundiformis*, zooplâncton selvagem e náuplios de *Artêmia* sp. Posteriormente foi feita a transição para o alimento inerte, com dietas comerciais de tamanho 150-300  $\mu\text{m}$  e 300-500  $\mu\text{m}$  (Nutrimia, Feed & Care Tecnologia Ltda., Natal, RN) contendo 50% de proteína bruta e 12% de extrato etéreo; e depois de 0,8-1,0 mm (Nutripiscis Starter, Presence – ADM, Paulínia, SP) contendo 45% de proteína bruta e 9% de extrato etéreo. Após 30 dias, todos os peixes foram contados e um lote de 2.000 juvenis foi separado para acompanhamento.

### 2.3.2 Manutenção dos juvenis

O lote de 2.000 juvenis, com peso médio de 0,8 g, foi estocado em um tanque similar ao das larvas, no mesmo laboratório, fotoperíodo e temperatura naturais (latitude 27° S), com renovação contínua de água marinha (250% ao dia) e aeração constante através de mangueira microporosa. A alimentação foi com a mesma dieta comercial anterior (0,8-1,0 mm), utilizando frequência e taxa de alimentação (3 vezes ao dia e 5% da biomassa ao dia) sugeridas por Baloi et al. (2017), durante os três primeiros meses. A partir do quarto mês a alimentação foi feita até a saciedade aparente, 3 vezes ao dia.

Uma amostragem foi realizada mensalmente (primeira semana de cada mês) com a retirada de 40 indivíduos para dados biométricos, totalizando 12 amostras. A densidade de peixes (biomassa por volume) foi ajustada a cada amostragem, mantendo o máximo de 2,0 kg/m<sup>3</sup>, quando ultrapassava esse valor, alguns animais eram retirados e colocados juntos com outro lote de sardinhas. Os dados biométricos dos peixes foram realizados com régua comum de 30 cm e balança até 5kg (peso e comprimento total), 20 peixes tiveram as gônadas retiradas e fixadas em formalina tamponada a 10%, para a determinação do sexo e dos estádios de maturação gonadal.

A concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura foram medidos diariamente utilizando um oxímetro digital (Sonda Pro20-YSI 55), o pH e a salinidade três vezes por semana utilizando um pHmetro digital, um refratômetro portátil para salinidade (IPS-10T Impact) e o fotoperíodo foi determinado a partir de dados oficiais disponíveis na internet (Dateandtime.info, 2019) (Tabela 1).

Tabela 1: Dados de qualidade de água (média ± dp) do lote de sardinha-verdadeira em cativeiro e Fotoperíodo natural (média) no primeiro ano de vida.

Meses/2019	OD (mg/L)	Salinidade	pH	Temperatura (°C)	Duração do dia
<b>Janeiro</b>	6,18 ± 0,44	34,00 ± 0,71	9,5 ± 0,57	27,90±1,68	13:39:24
<b>Fevereiro</b>	6,67 ± 0,72	34,83 ± 0,41	8,88 ± 0,26	25,58±1,16	13:02:12
<b>Março</b>	6,28 ± 0,77	35,37 ± 1,16	8,18 ± 0,45	25,48±1,87	12:14:46
<b>Abril</b>	5,52 ± 0,79	35,04 ± 0,77	7,86 ± 0,19	24,69±1,66	11:25:51
<b>Mai</b>	5,70 ± 0,86	33,95 ± 0,90	7,92 ± 0,22	22,24±1,41	10:45:32
<b>Junho</b>	5,63 ± 0,93	34,59 ± 1,46	8,00 ± 0,18	20,96±1,01	10:25:33
<b>Julho</b>	6,30 ± 0,74	34,60 ± 1,59	8,12 ± 0,14	18,70±1,23	10:35:11
<b>Agosto</b>	6,71 ± 0,56	35,73 ± 1,01	8,12 ± 0,26	17,95±1,63	11:09:53
<b>Setembro</b>	6,04 ± 1,08	33,71 ± 1,80	7,86 ± 0,23	19,08±1,59	11:56:09
<b>Outubro</b>	5,83 ± 0,80	36,00 ± 1,41	7,97 ± 0,33	21,42±1,06	12:45:18
<b>Novembro</b>	6,04 ± 0,92	34,86 ± 0,38	7,91 ± 0,24	22,53±0,86	13:28:41
<b>Dezembro</b>	5,87 ± 1,16	35,15 ± 0,75	7,92 ± 0,15	23,47±1,81	13:51:13

### 2.3.3 Desempenho Zootécnico

A Taxa de Crescimento Específico do Peso TCEp foi calculada com as médias de cada mês, utilizando a fórmula  $TCEp = ((\ln(Pf) - \ln(Pi)) / T) * 100$ . Onde: ln Pf representa o peso em gramas no tempo final, ln Pi o peso em gramas no tempo inicial e T é o tempo de duração entre uma média e outra (dias), ou seja, entre o dia de coleta em um mês e o dia da coleta do mês seguinte. A Taxa de Crescimento Específico do Comprimento TCEc foi utilizada a mesma fórmula, substituindo o peso médio pelo crescimento médio em centímetros no tempo inicial e final mensal (Lugert et al, 2014). Os cálculos foram feitos a partir do mês de fevereiro.

O Crescimento Absoluto é matematicamente o mais simples e rápido método usado para descrever o crescimento absoluto em unidades de medidas. O cálculo do Crescimento Absoluto

do peso foi realizado com as médias mensais, através da fórmula  $\Delta P = P_t - P_i$ . Onde:  $P_t$  é o peso final e  $P_i$  o peso inicial. Para o Crescimento Absoluto do Comprimento foi utilizado a mesma fórmula substituindo o peso médio pelo comprimento médio (Lugert et al, 2014).

Para a Taxa de Crescimento Relativo é baseada na taxa de crescimento absoluto, e é demonstrada de acordo com o aumento da porcentagem ao longo do tempo. Portanto, foi utilizada a equação do crescimento absoluto, adicionando -para o peso- a divisão pelo peso inicial multiplicado por 100. Resultando na seguinte fórmula  $TCR = ((P_t - P_i) / P_i) * 100$ . Para a Taxa Crescimento Relativo do Comprimento foi utilizado a mesma fórmula substituindo o peso médio pelo comprimento médio (Lugert et al, 2014).

Para calcular a relação peso-comprimento foi usada a equação  $P_t = aC_b$ , onde  $P_t$  é o peso total em gramas e  $C$  o comprimento total em centímetros,  $a$  e  $b$  são constantes. Estas constantes foram estimadas pela regressão linear da equação transformada:  $\log P_t = \log a + b * \log C_t$ .

O Fator de condição isométrico ( $K$ ) foi utilizado como indicador de bem-estar das sardinhas, através da fórmula  $K = P_t / C_t^{3,23}$ , onde  $P_t$  é o peso total em gramas,  $C_t$  é comprimento total em centímetros e 3,23 é o coeficiente de correlação  $b$  da relação peso-comprimento.

Nos três primeiros meses de acompanhamento experimental as médias do lote é equivalente ao número total de amostras coletadas e não apenas fêmeas.

### **2.3.4 Acompanhamento da maturação sexual**

#### **2.3.4.1.1 Relações gonadossomática e hepatossomática e índice de gordura visceral**

Para as amostragens, os peixes foram eutanasiados por anestesia profunda (Benzocaína 100 mg/L), e as gônadas extraídas cirurgicamente e pesadas em balança analítica digital com precisão de 0,1 mg. Para o cálculo da relação gonadossomática (RGS) foi utilizada a fórmula:  $RGS = (P_g / P_t) * 100$ , onde:  $P_g$  é o peso das gônadas e  $P_t$  o peso total do peixe (Vazzoler, 1996). O mesmo foi feito para a relação hepatossomática (RHS), calculada para acompanhar tendências a oscilações sazonais. E a gordura visceral, que foi calculada a fim de quantificar o acúmulo e consumo de energia nas fases de maturação. Para cálculo da relação hepatossomática a fórmula é semelhante da RGS, substituindo apenas o peso das gônadas pelo peso do fígado, como também para o índice de gordura visceral (IGV), onde foi substituído o peso das gônadas pelo peso da gordura. As RGS, RHS e IGS foram calculadas para cada indivíduo e agrupados por médias mensais de fêmeas. A avaliação da RGS foi possível apenas a partir do quarto mês de experimento (abril), quando as gônadas passaram a ser visíveis a olho nu, sendo possível a sua remoção.

#### 2.3.4.2 Tamanho de primeira maturação

O comprimento médio de primeira maturação ( $L_{50}$ ) é aquele em que 50% dos indivíduos apresentam gônadas em desenvolvimento, ou seja, quando metade da população iniciou o ciclo reprodutivo, enquanto o comprimento com o qual todos os indivíduos estão aptos para a reprodução é representado por  $L_{100}$  (Vazzoler, 1996). Os dados utilizados para a estimativa são comprimento, sexo e estágio de maturidade de cada indivíduo, agrupados em um único conjunto, permitindo o cálculo da frequência relativa de indivíduos com gônadas “imaturas” e com gônadas em desenvolvimento ou em estágio mais avançado, para cada intervalo de classe de comprimento.

O estágio de maturidade foi identificado através de análise histológica dos ovários, de todas as amostras, exceto de janeiro a março, de acordo com a classificação de Brown-Peterson et al. (2011). O comprimento médio de primeira maturação ( $L_{50}$ ) foi calculado através do modelo “Equação logística de 5 parâmetros” (Giraldo, 2002).

Os dados obtidos a partir das análises histológica dos ovários também foram usados para calcular a frequência mensal das fases de maturidade, a fim de observar a evolução da maturação sexual ao longo do ano.

#### 2.3.4.3 Processamento histológico dos ovários

As gônadas, depois de pesadas, foram fixadas em formalina tamponada e armazenadas nessa solução até o momento da realização das análises histológicas. Antes do processamento, foram separadas em 3 porções (cranial, medial e caudal), para observações de diferenças no desenvolvimento das células germinativas, e transferidas para álcool 70%. O processamento histológico foi realizado no Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos (AQUOS/UFSC), onde foram coradas em hematoxilina-eosina (HE), segundo a metodologia de Michalany (1998).

As amostras foram desidratadas em serie crescente de álcool em concentrações de 70 a 100%, e diafanizadas em xilol em tempos de 15 a 30 minutos. Posteriormente, foram incluídas em parafina. Vinte e quatro horas antes do corte, os blocos com as amostras ficaram em temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para manter a rigidez. Os cortes foram realizados em secções de  $4\text{ }\mu\text{m}$ , com um micrótomo rotativo de minnot, distendidos em água a temperatura ambiente e passados para banho-maria com temperatura de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente foram deixados sobre uma bancada a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  para secagem e fixação das secções nas lâminas.

As secções foram desparafinadas em dois banhos de xilol com 4 minutos cada, reidratados em 5 banhos de álcool (2 banhos de álcool absoluto e 1 banho para cada

concentração de álcool de 90, 80 e 70%) em tempos de 4 minutos cada e, por fim, um banho de 5 minutos em fio de água corrente. Os cortes foram corados por 2 minutos em Hematoxilina, lavados por 10 minutos em fio de água corrente, parcialmente desidratados em 3 passadas em água destilada e mais 3 passadas em álcool 70%, e depois corados por 11 minutos com Eosina. Para finalizar, as secções foram desidratadas, seguindo 2 banhos de 4 minutos cada de álcool absoluto, mais 4 minutos de xilol + álcool absoluto e encerrando com 2 banhos de xilol por 4 minutos cada. Posteriormente, as secções foram recobertas por lamínulas aderidas com auxílio da resina Enthelan.

#### 2.3.4.4 Descrição do desenvolvimento ovocitário

A análise morfológica dos diferentes tipos celulares e as fotos foram realizadas com um microscópio óptico (DM750, LEICA,) e um programa de tratamento de imagem (Leica LAS EX V2.1.0). A descrição microscópica da maturação foi adaptada de acordo com a terminologia proposta por Brown-Peterson et al. (2011), com cinco fases, resumidamente apresentadas a seguir:

**Fase imaturo:** caracterizada pela presença de “Ovogônias (OVG)”, são as menores células germinativas, dividem-se por meiose e formam ninhos de células germinativas, e “Ovócitos em Crescimento Primário (OCP)”, o qual é o primeiro estágio do crescimento do ovócito na meiose interrompida ao longo do estágio perinucleolar.

**Subfase desenvolvimento inicial:** Esta subfase está dentro da fase “em desenvolvimento” e é marcada apenas pela presença de “ovócitos crescimento primário” e “Ovócitos Alvéolo Cortical (AC). O início do “ciclo reprodutivo” é indicado por fêmeas nesta subfase.

**Fase em desenvolvimento:** Nesta fase além da presença de Ovócitos em crescimento primário e Alvéolos corticais (AC), há o aparecimento de Ovócitos Vitelogênicos Primário (Vtg1) e Vitelogênicos Secundários (Vtg2). Em espécies com desenvolvimento ovocitário assíncrono, vários estágios estão presentes no ovário durante esta fase, enquanto espécies com desenvolvimento ovocitário sincrônico tendem a ter ovócitos em apenas um estágio além do OCP. Folículos pós-ovulatórios (FPO) nunca são vistos nesta fase.

**Fase Capaz de desova:** caracterizada pelo aparecimento de Ovócitos Vitelogênicos terciário (Vtg3), FPO e “Ovócitos Atrésicos” podem estar presentes, os peixes nesta fase são capazes de desovar durante o período reprodutivo em que se encontram devido ao desenvolvimento de receptores para o hormônio indutor da maturação nesse tipo de ovócito. Peixes em estágios iniciais de Maturação Ovocitária (MO) também são considerados na fase “capaz desova”. Qualquer peixe com Vtg3 é atribuído à esta fase.

**Subfase Desova ativa:** Esta subfase está dentro da fase “capaz de desova” e é usada para identificar aqueles peixes que estão progredindo através de MO tardia, ou seja, Migração da Vesícula Germinativa (MVG), quebra da vesícula germinativa ou hidratação, ovulação ou que estão exibindo Folículo Pós-Ovulatório (FPO), indicando que eles estão próximos da ovulação. Quando ovócitos Vtg3 estão totalmente crescidos, eles estão prontos para a maturação.

**Fase Regressão:** é reconhecida pela presença de ovócitos atrésicos, um número reduzido de ovócitos vitelogênicos e, em algumas espécies, FPOs.

**Fase Regeneração:** é caracterizada por ovários contendo apenas ovogônias e ovócitos crescimento primário, semelhante à fase imatura. Em espécies marinhas que produzem ovos pelágicos, gotículas de óleo perinuclear podem ser vistas nos ovócitos em crescimento primário durante esta fase, esta etapa não está presente em peixes imaturos. Além disso, esta fase pode ser diferenciada da fase imatura por uma parede ovariana mais espessa, a presença de mais espaço, tecido intersticial e capilares em torno dos ovócitos em crescimento primário.

### 2.3.5 Análise dos dados

Os dados de desempenho zootécnico foram verificados quanto à normalidade e homocedasticidade (teste Levene e Shapiro Wilk) e posteriormente foi utilizada a análise de variância de uma via (ANOVA), e comparações de médias mensais pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) (software Statistica 7.0) (HILL E LEWICHI, 2007).

## 2.4 RESULTADOS

### 2.4.1 Desempenho Zootécnico

Os dados de desempenho zootécnico são apresentados na tabela 2.

O crescimento do lote foi contínuo ao longo de todo ano que compôs o período experimental, aumentando em mais de três vezes o comprimento inicial e em mais de 40 vezes o peso inicial.

O crescimento absoluto do comprimento variou de valores negativos a valores acima de 2 cm, assim como o crescimento absoluto do peso que variou de valores próximos a zero a valores acima de 5 g.

Tanto a porcentagem de crescimento relativo do comprimento como a porcentagem de crescimento relativo do peso atingiram as maiores taxas nos primeiros quatro meses de vida.

A taxa de porcentagem do crescimento específico do comprimento ficou abaixo de 1 durante todo período experimental, enquanto a taxa de porcentagem do crescimento específico do peso se manteve acima de 1 nos cinco primeiros meses do experimento.

Os valores do fator de condição se mantiveram abaixo de 1,0 durante todo acompanhamento experimental, com menores taxas no inverno.

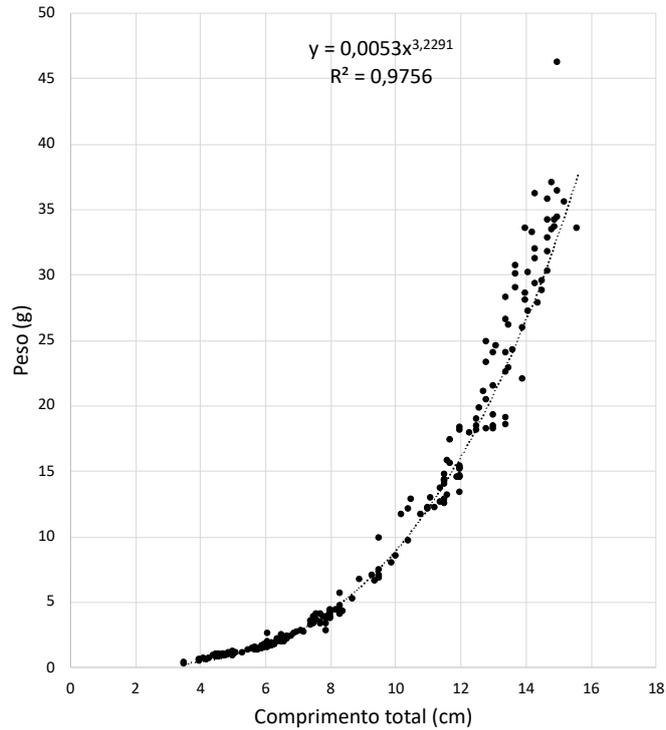
Tabela 2 Dados de desempenho zootécnico do lote de fêmeas de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida (média  $\pm$  dp). Número de indivíduos (N), Comprimento total (CT), peso total (PT), crescimento absoluto peso (CAbP), crescimento absoluto comprimento (C.AbC), crescimento relativo peso (CRP), crescimento relativo comprimento (CRC), taxa de crescimento específico do peso (TCEP), taxa de crescimento específico do comprimento (TCEC), fator de condição (K).

Mês	N	CT (cm)	PT (g)	CAbC (cm)	CAbP (g)	CRC (%)	CRP (%)	TCEC (%)	TCEP (%)	K
<b>Janeiro</b>	30*	4,52 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	0,8 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	-	0,60 $\pm$ 0,08
<b>Fevereiro</b>	40*	6,10 $\pm$ 0,38 <sup>b</sup>	1,71 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	1,58	0,91	34,96	113,75	0,967	2,450	0,51 $\pm$ 0,08
<b>Março</b>	40*	7,70 $\pm$ 0,60 <sup>c</sup>	3,58 $\pm$ 0,74 <sup>b</sup>	1,6	1,87	26,23	109,36	0,803	2,548	0,49 $\pm$ 0,06
<b>Abril</b>	11	9,38 $\pm$ 0,49 <sup>d</sup>	7,03 $\pm$ 0,78 <sup>c</sup>	1,68	3,45	21,82	96,37	0,759	2,595	0,51 $\pm$ 0,04
<b>Mai</b>	11	11,96 $\pm$ 1,33 <sup>e</sup>	10,77 $\pm$ 0,64 <sup>d</sup>	2,58	3,74	27,51	53,20	0,715	1,255	0,38 $\pm$ 0,14
<b>Junho</b>	9	11,72 $\pm$ 0,56 <sup>e</sup>	14,22 $\pm$ 1,67 <sup>e</sup>	-0,24	3,45	-2,01	32,03	-0,065	0,896	0,50 $\pm$ 0,03
<b>Julho</b>	13	12,04 $\pm$ 0,61 <sup>e</sup>	15,73 $\pm$ 2,36 <sup>e</sup>	0,32	1,51	2,73	10,62	0,128	0,481	0,51 $\pm$ 0,04
<b>Agosto</b>	15	12,59 $\pm$ 0,71 <sup>e</sup>	18,75 $\pm$ 2,56 <sup>f</sup>	0,55	3,02	4,57	19,20	0,128	0,502	0,53 $\pm$ 0,06
<b>Setembro</b>	8	12,80 $\pm$ 1,09 <sup>e</sup>	22,96 $\pm$ 3,25 <sup>g</sup>	0,21	4,21	1,67	22,45	0,059	0,723	0,63 $\pm$ 0,22
<b>Outubro</b>	11	14,12 $\pm$ 0,50 <sup>f</sup>	28,52 $\pm$ 2,86 <sup>h</sup>	1,32	5,56	10,31	24,22	0,317	0,700	0,55 $\pm$ 0,04
<b>Novembro</b>	14	14,37 $\pm$ 0,71 <sup>f</sup>	32,07 $\pm$ 3,83 <sup>i</sup>	0,25	3,55	1,77	12,45	0,049	0,326	0,59 $\pm$ 0,05
<b>Dezembro</b>	11	14,35 $\pm$ 0,72 <sup>f</sup>	32,67 $\pm$ 5,82 <sup>i</sup>	-0,02	0,6	-0,14	1,87	-0,007	0,098	0,60 $\pm$ 0,07

\* Número total de amostras coletadas. Médias com letras sobreescritas diferentes indicam diferença significativa entre os meses, com ANOVA simples e Tukey ( $p < 0,05$ ).

A figura 1 apresenta a relação peso-comprimento, onde demonstra que o lote de sardinha-verdadeira acompanhado possui crescimento alométrico positivo, indicando que o lote ganha mais incremento em peso do que em comprimento.

Figura 1 Relação peso-comprimento de fêmeas da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida (n = 210).



#### 2.4.2 Maturação sexual

Os dados da análise de maturação sexual são apresentados na tabela 3.

O índice de gordura visceral teve um aumento de mais de 48 vezes entre a menor e a maior taxa de porcentagem de gordura ao longo do acompanhamento. A relação hepatossomática teve um aumento de mais de 4 vezes da RHS inicial.

Apenas o mês de setembro apresenta diferença significativa entre todos os meses em que foi possível calcular a relação gonadossomática.

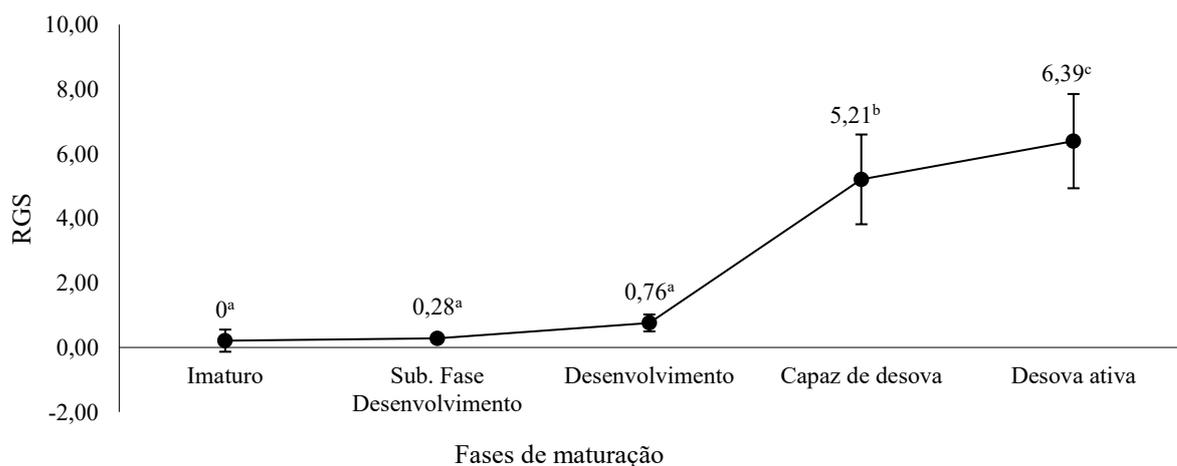
Tabela 3 Dados relativos à maturação sexual do lote de fêmeas de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida (média  $\pm$  dp). Fêmeas= N amostral e %, índice de gordura visceral (IGV), relação hepatossomática (RHS) e relação gonadossomática (RGS).

Mês	Fêmeas*	IGV	RHS	RGS*
<b>Janeiro</b>	-	-	-	-
<b>Fevereiro</b>	-	0,07 $\pm$ 0,06	0,34 $\pm$ 0,13	-
<b>Março</b>	-	0,76 $\pm$ 0,44	0,50 $\pm$ 0,41	-
<b>Abril</b>	11/55	2,34 $\pm$ 0,80	0,84 $\pm$ 0,26	0,15 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>
<b>Mai</b>	11/55	3,42 $\pm$ 1,49	1,07 $\pm$ 0,85	0,26 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>
<b>Junho</b>	9/45	2,12 $\pm$ 0,74	0,48 $\pm$ 0,19	0,22 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
<b>Julho</b>	13/65	2,94 $\pm$ 0,64	1,14 $\pm$ 0,18	0,29 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>
<b>Agosto</b>	15/75	3,18 $\pm$ 1,50	1,51 $\pm$ 0,32	0,80 $\pm$ 0,96 <sup>a</sup>
<b>Setembro</b>	8/40	2,51 $\pm$ 1,19	1,46 $\pm$ 0,30	2,48 $\pm$ 1,66 <sup>b</sup>
<b>Outubro</b>	11/55	1,38 $\pm$ 0,30	1,06 $\pm$ 0,19	6,11 $\pm$ 1,15 <sup>c</sup>
<b>Novembro</b>	14/70	2,10 $\pm$ 1,24	1,43 $\pm$ 0,38	5,83 $\pm$ 1,90 <sup>c</sup>
<b>Dezembro</b>	11/55	1,19 $\pm$ 0,78	0,98 $\pm$ 0,20	6,70 $\pm$ 1,47 <sup>c</sup>

\*Entre janeiro e março os peixes não foram sexados. Médias com letras sobrescritas diferentes indicam diferença significativa entre os meses, com ANOVA simples e Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os valores da relação gonadossomática agrupados pelas distintas fases de maturação (Figura 2), revela semelhança entre as três fases iniciais, sendo significativamente distintos da fase “capaz de desova”. A fase “desova ativa” apresenta valor dessa relação superior a todas as outras fases de maturação.

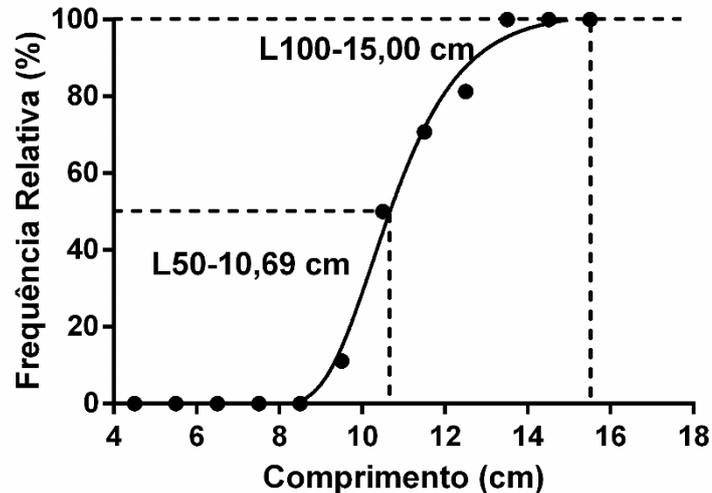
Figura 2 Relação gonadossomática (RGS) das fases de maturação sexual da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida.



Médias com letras sobrescritas diferentes indicam diferença significativa entre as fases de maturação, com ANOVA simples e Tukey ( $p < 0,05$ ).

O comprimento médio de primeira maturação ( $L_{50}$ ) foi calculado em 10,69 cm e o  $L_{100}$  em 15,00 cm (Figura 3), com 4,95 e 13,49 meses de idade respectivamente.

Figura 3 Frequência relativa de fêmeas que iniciaram o período reprodutivo por classe de comprimento da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. Fórmula sigmoideal:  $\text{Log}Xb = \text{Log} 4.896^{10} + (1/0,3704) * \text{Log}((2^{(1/1,68310)} - 1))$   $r^2=0,99$ .



#### 2.4.2.1 Descrição do Desenvolvimento Ovocitário

No epitélio germinativo da gônada da sardinha-verdadeira encontram-se células germinativas em diferentes fases de desenvolvimento (Figura 4). No crescimento primário, o desenvolvimento dos ovócitos começa com a “ovogônia” (OVG), célula precursora de todo o processo de ovogênese. Em regiões vascularizadas formam-se “ninhos de células germinativas” (NCG), localizados na periferia das lamelas ovígeras (Figura 4A).

Posteriormente, a célula entra no estágio de “ovócito cromatina nucleolar” (OCN), e passa a ser considerada ovócito. Os OCN possuem um único nucléolo, localizado na posição central, intensamente basófilo (Figura 4A e 4B). Quando os ovócitos se separam, passam para o estágio de “ovócito perinucleolar” (OPN), com citoplasma fortemente basófilo, contendo inicialmente um núcleo central, com um ou dois nucléolos na periferia, posteriormente apresentam maior número de nucléolos em seu interior (Figura 4B).

No crescimento secundário, pequenas vesículas se formam no citoplasma próximo à membrana do ovócito, constituindo estruturas claras, os “alvéolos corticais” (AC). Nesta fase, o núcleo tem diversos nucléolos alongados e achatados, localizados na periferia (Figura 4C), e inicia a formação da “zona radiata” (ZR) na membrana do ovócito (Figura 5A).

Na fase de “ovócito vitelogênico primário” (Vtg1) acumulam-se grânulos de vitelo (GV), distribuídos por todo o citoplasma. O núcleo possui contorno irregular e posição central, os “alvéolos corticais” migram para a extremidade do ovócito e aparecem algumas gotas de lipídeo, também conhecidos como gotas de óleo (GO) (Figura 4D). A zona radiata se torna mais evidente (Figura 5A).

Ao longo do crescimento do “ovócito vitelogênico secundário” (Vtg2), há um maior acúmulo de grânulos de vitelo na periferia do citoplasma, o núcleo possui características da fase anterior com contorno irregular, e as gotas de lipídeo passam a ser mais evidentes (Figura 4E).

Quando os grânulos de vitelo passam a preencher todo o citoplasma, e as gotas de lipídeo se concentram em torno do núcleo, que se encontra na posição central, o ovócito entra na fase “vitelogênico terciário” (Vtg3) (Figura 4F).

A fase de “maturação do ovócito” é marcada pela migração do núcleo em direção à micrópila, região caracterizada por uma curvatura na zona radiata (Figura 4G). Neste momento os alvéolos corticais permanecem na periferia (Figura 5B).

Após a hidratação, o ovócito está sujeito à ovulação, fase em que o folículo se rompe liberando o ovócito no lúmen ovariano (não foi possível visualizar este momento nas análises). Após a ovulação, o “folículo pós-ovulatório” (FPO), composto por células foliculares que circundam o ovócito (granulosa e teca), permanece nas lamelas ovígeras (Figura 4H).

Ovócitos atrésicos também foram vistos, como sofreram processos degenerativos, serão reabsorvidos pelo organismo da sardinha, é possível visualizar grânulos de vitelo e vacúolos lipídicos (Figura 4I).

Figura 4 Secções histológicas de ovários, mostrando células germinativas através de cortes transversais, da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. (A e B) células germinativas primárias. (C) ovócito alvéolo cortical. (D) ovócito vitelogênico primário. (E) ovócito vitelogênico secundário. (F) ovócito vitelogênico terciário. (G) ovócito maduro. (H) Folículo pós-ovulatório. (I) Ovócito atrésico. Onde: NCG. Ninhos de células germinativas; OVG. Ovogônia; OCN. Ovócito cromatina nucleolar; OPN. Ovócito perinucleolar; AC. Alvéolo cortical; GO. Gota de óleo; GV. Granulo de vitelo; MG. Migração da vesícula germinativa; ZR. Zona radiata; MI. Micrópila; Seta: Núcleo. Asterisco: Nucléolo

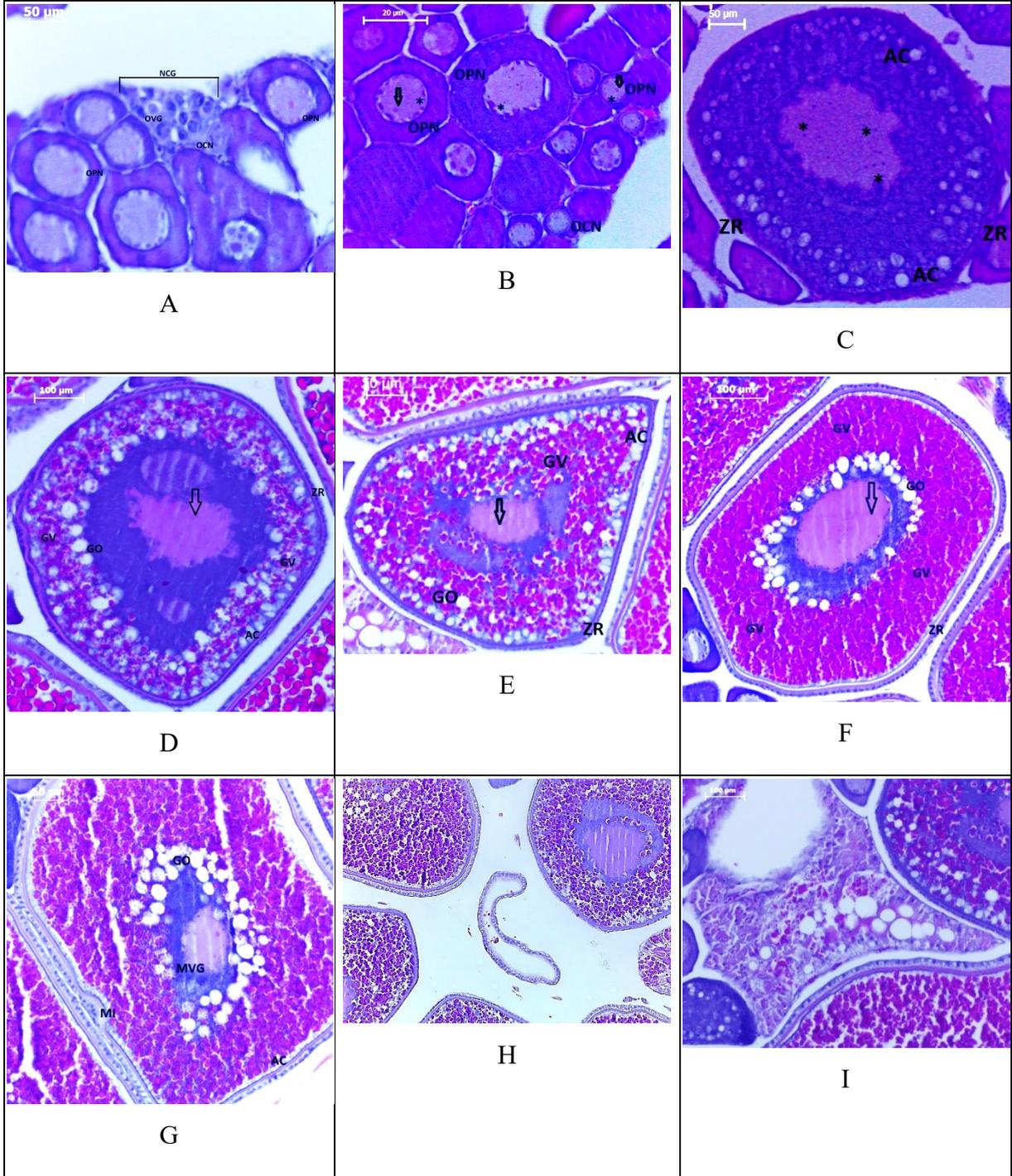
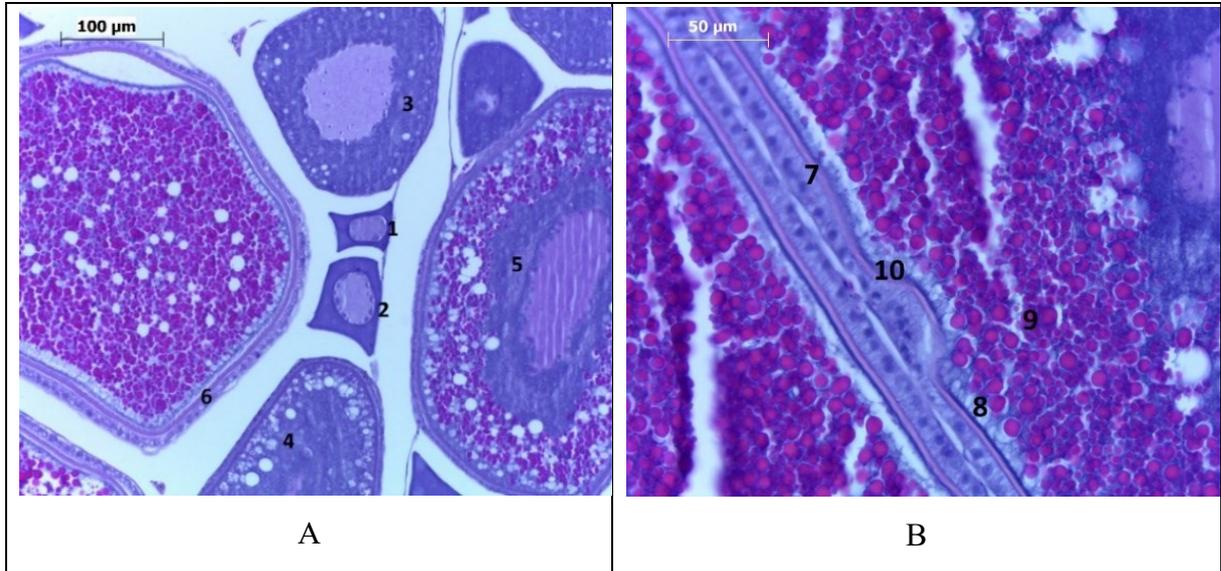
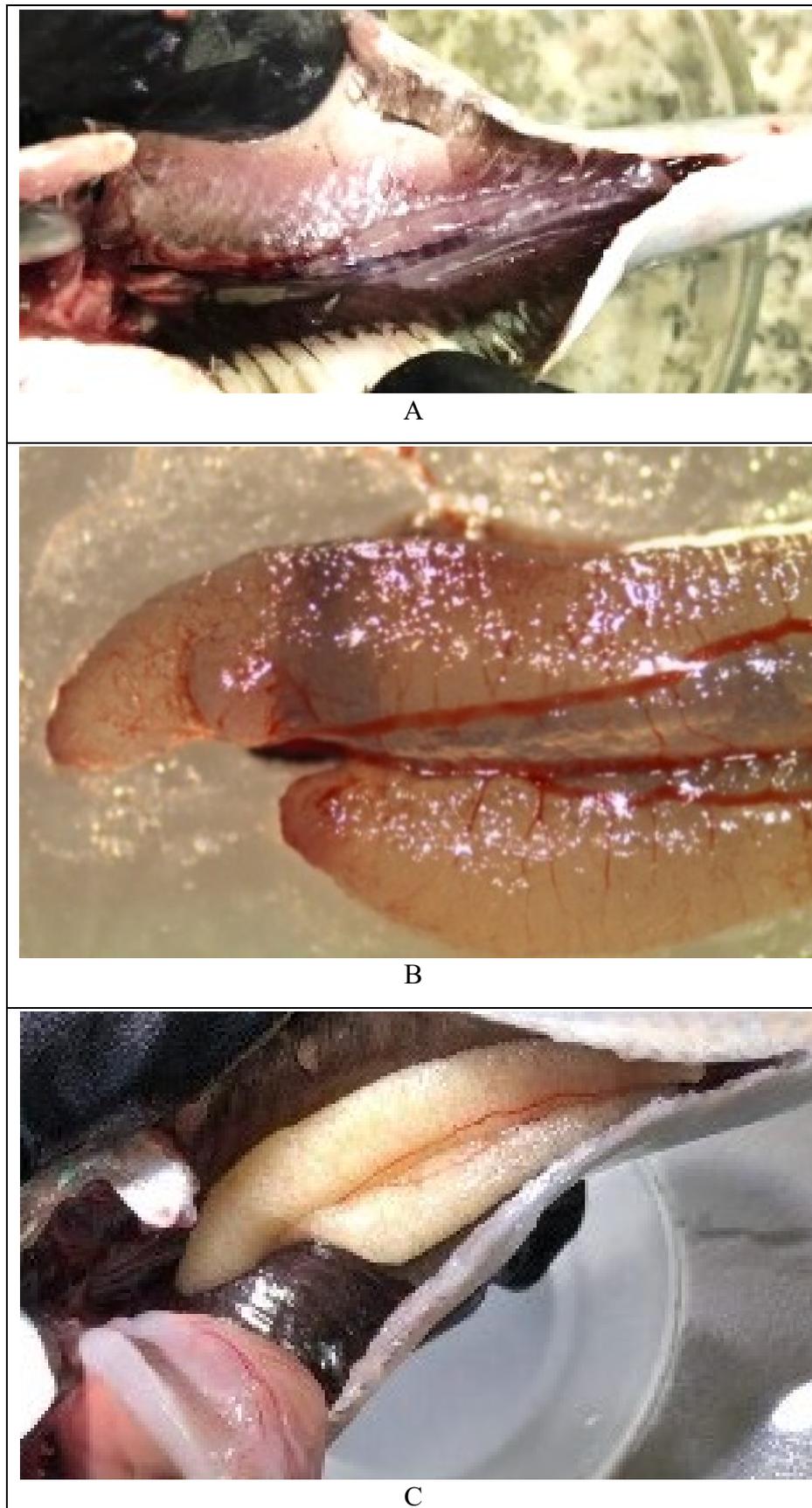


Figura 5 Ovócitos em fases diferentes e a micrópila da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. A) Ovócitos em diferentes fases mostrando a diferença na zona radiata. (B) Formação da micrópila. Onde: 1. Ovócito cromatina nucleolar; 2. Ovócito perinucleolar. 3. Ovócito alvéolo cortical; 4. Ovócito vitelogênico primário; 5. Ovócito vitelogênico secundário; 6. Ovócito vitelogênico terciário; 7. Zona radiata. 8. Alvéolo cortical; 9. Grânulo de vitelo; 10. Micrópila



Os ovários da sardinha-verdadeira estão localizados na região dorsal da cavidade abdominal, ventralmente em relação ao fígado e dorsalmente em relação ao tubo digestivo e à bexiga natatória, estendendo-se até o poro urogenital, e ligados à parede dorsal da cavidade através do tecido mesentérico. Eles aumentam seu tamanho e peso gradualmente, acompanhando o crescimento dos animais. Estão dispostos em pares, com formato cilíndrico e alongado, e coloração amarelo/laranja no período de desova (Figura 6).

Figura 6 Visualização macroscópica dos estádios de desenvolvimento de ovários de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. A: Gônadas “imaturas”, com 6 meses de vida. B: Gônadas “em desenvolvimento”, com 6 meses de vida. C: Gônadas “maduras”, com 8 meses de vida.



Das cinco fases e duas subfases de desenvolvimento dos ovários que foram consideradas (Brown-Peterson et al., 2011), foram observadas apenas três fases e as duas subfases:

**Imaturo:** ovários pequenos, limpos e vasos sanguíneos indistintos. Ocupam menos de 1/3 da cavidade celomática, fase que precede a maturidade sexual. Houve presença apenas de ovogônias e ovócitos do crescimento primário, no estágio cromatina-nucleolar. Não há evidências de lipídios nos ovócitos do crescimento primário. Essa fase foi vista do quarto ao sétimo mês (Figuras 7A).

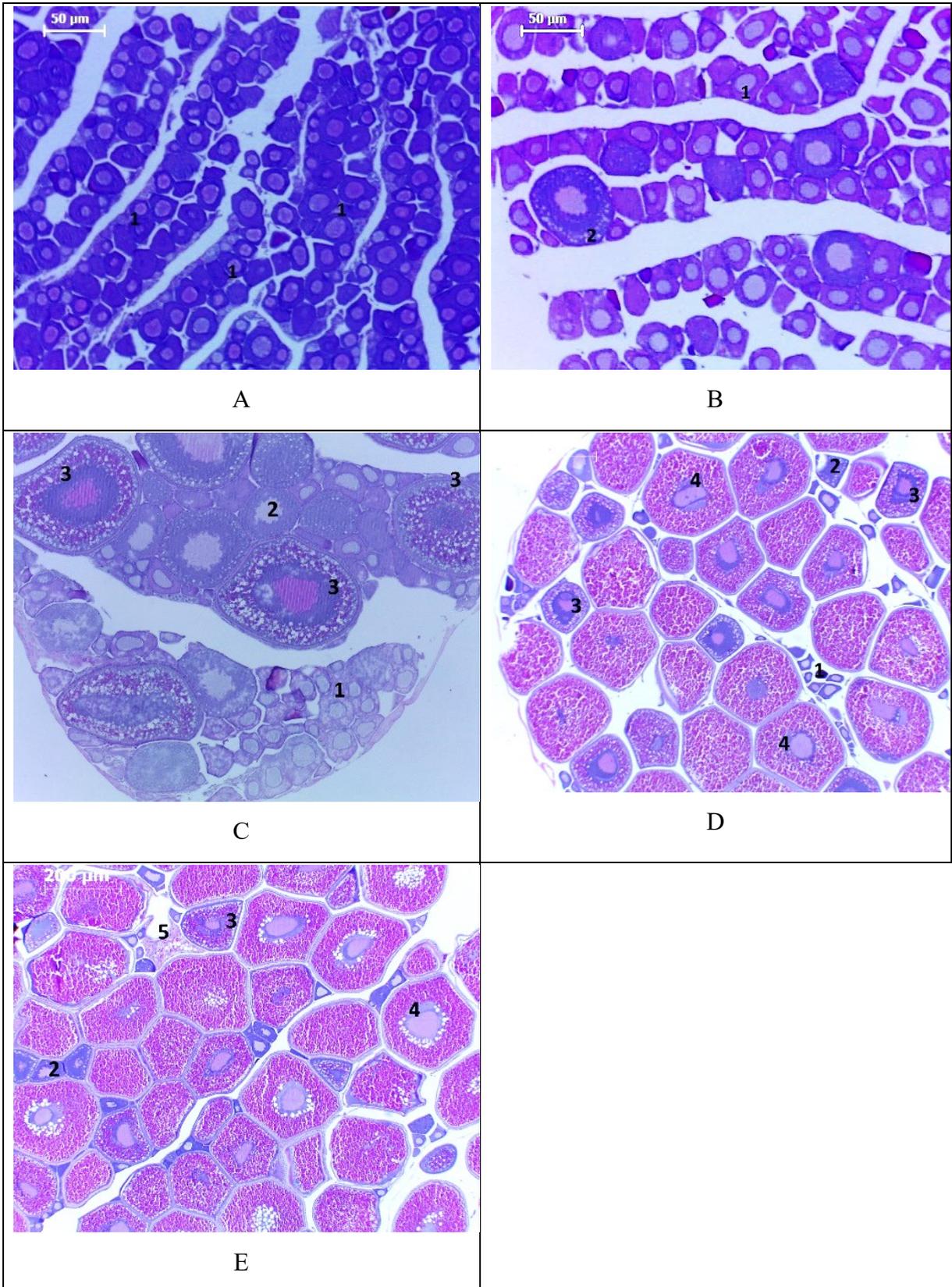
**Em desenvolvimento:** os ovários aumentam de tamanho e peso e os vasos sanguíneos se tornam mais distintos. Há o aparecimento dos ovócitos vitelogênicos primários (Vtg1) e secundários (Vtg2). Não há nenhuma evidência de folículos pós-ovulatórios ou ovócitos vitelogênicos terciários (Vtg3). Esta fase ocorreu com sete meses e durou por mais três meses, até todo o lote atingir a fase seguinte (Figuras 7C).

**Subfase de desenvolvimento inicial:** Está dentro da fase “em desenvolvimento”, então a característica macroscópica é a mesma. Marca o início do ciclo reprodutivo, com presença apenas de ovócitos de crescimento primário e alvéolo cortical. Essa subfase foi vista a partir do quinto e até o oitavo mês, porém os “ovócitos cromatina nucleolar” foram vistos até o último mês, quando todos os animais já tinham ovócitos maduros para a desova (Figuras 7B).

**Capaz de desova:** Ovários grandes, vasos sanguíneos proeminentes e coloração amarelo/laranja, sendo possível a visualização de ovócitos a olho nu. Caracterizada pelo aparecimento de ovócitos Vtg3, mas ovócitos das primeiras fases também ocorreram. Esta fase foi vista no oitavo mês (Figuras 7D).

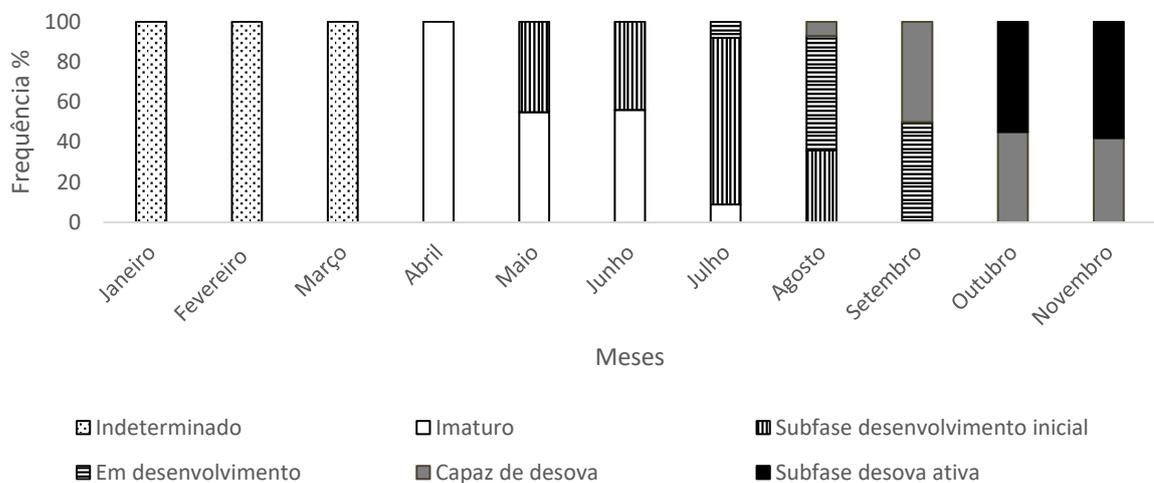
**Subfase desova ativa:** Está dentro da fase “capaz de desova”, então a característica macroscópica é a mesma. Aparecem ovócitos com “Migração da Vesícula Germinativa (MVG)”. O aparecimento de folículos pós-ovulatórios (FPO) é frequente (Figuras 7E). Com dez meses foram identificadas as primeiras fêmeas com vestígios de desova.

Figura 7 Secções transversais histológicas dos ovários da sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida. (A) imaturo; (B) subfase de desenvolvimento; (C) desenvolvimento; (D) capaz de desova; (E) subfase desova ativa. Onde: 1. Células germinativas primárias; 2. Ovócitos crescimento secundário; 3. Ovócitos em maturação; 4. Ovócitos maduros, 5. Ovócito atresico.



Durante os três primeiros meses iniciais as gônadas estavam pouco desenvolvidas e foi impossível determinar a fase de maturação. No mês de abril, a totalidade do lote apresentou ovários imaturos. Nos meses seguintes a presença de ovários imaturos foi reduzindo gradativamente, até desaparecer completamente no mês de agosto. O início do período reprodutivo é marcado pela subfase de desenvolvimento inicial, iniciado em maio, esta subfase desaparece por completo em setembro, quando metade do lote está na fase capaz de desova. Nos meses seguintes todo o lote está fase “capaz de desova”, fase que engloba a “subfase de desova ativa” (Figura 8).

Figura 8 Frequência mensal das fases de desenvolvimento dos ovários de sardinha-verdadeira em cativeiro no primeiro ano de vida.



## 2.5 DISCUSSÃO

Neste estudo, houve diferença significativa no crescimento nos primeiros cinco meses do ano, este fato pode estar ligado ao início do ciclo reprodutivo. Ao completar 5 meses de idade foi verificado o  $L_{50}$  e as análises histológicas mostraram que 45% dos ovários entraram na “subfase desenvolvimento inicial” no mês de maio.

Quando o período reprodutivo é iniciado, a reprodução impõe uma alta demanda energética, os peixes passam a converter energia de crescimento em maturação, consequentemente em peso devido ao gasto energético necessário para o desenvolvimento gonadal (Zanuy & Carrillo, 1987; Vazzoler, 1996; Silva et al., 2019).

A maturação sexual ocorre ao longo da vida de vertebrados e pode ser iniciada por estímulos ambientais, endógenos ou ambos (Geffroy & Douhard, 2019). Considerando que o  $L_{50}$  e o  $L_{100}$  de sardinhas-verdadeiras selvagens são de 16-17 cm com 1,5 anos e 21-22 cm, respectivamente (Vazzoler, 1962), e o lote acompanhado neste estudo apresentou o  $L_{50}$  e  $L_{100}$

de 10,69cm com 4,95 meses de idade e 15,00 cm com 13,49 meses de idade, respectivamente, pode-se verificar uma mudança na tática reprodutiva adotada pelo lote F2, que pode estar ligada à adaptação ao ambiente de cultivo, como também a nutrição, pois a alimentação era ofertada 3 vezes ao dia até a saciedade aparente do lote. As táticas reprodutivas são variações em resposta a flutuações no meio em que vivem, as quais são adaptativas, exibindo grande diversidade (Vazzoler, 1996; Murua & Saborido-Rey, 2003).

Foram observados crescimento contínuo e diferenças significativas em relação ao peso total do lote em quase todos os meses de acompanhamento, acentuando esse resultado através da relação peso-comprimento.

Tesch (1971) relatou que o coeficiente de regressão 3,0 indica que os peixes crescem simetricamente, enquanto valores diferentes de 3,0 indicam crescimento alométrico positivo ou negativo. Neste trabalho, a relação peso-comprimento apresentou coeficiente de regressão de 3,2291 indicando que o lote possui crescimento alométrico positivo, ou seja, cresce mais em peso do que em comprimento. Resultados semelhantes foram relatados por Vaz dos Santos & Rossi-Wongtschowski (2013) para sardinhas-verdadeiras selvagens, no sudeste do Brasil (22 ° S-29 ° S). Dick (2014) também obteve resultado alométrico positivo com um lote de juvenis *Sardinella brasiliensis* obtidos através de reprodução artificial.

Na natureza, outras espécies de *Sardinellas* obtiveram resultados semelhantes, como os relatados para *Sardinella aurita* (Baali et al., 2021; Tsikliras et al., 2005) e *Sardinella longiceps* (Ahirwal et al., 2017), também com crescimento alométrico positivo.

Em todos os meses do acompanhamento experimental os valores de K ficaram abaixo de 1, com valor mínimo em maio, quando a temperatura e duração do dia começam a diminuir com a aproximação do inverno, atingindo neste mês 22,24 °C e 10h45min de fotoperíodo, respectivamente. Em sardinhas-verdadeiras selvagens, Paiva & Falcão (2002) encontraram valores mínimos de K no inverno, na região de Angra dos Reis, entre os anos de 1999 e 2000. O maior valor de K identificado neste estudo é em setembro, quando 50% do lote atinge a fase “capaz de desova”. Vazzoler (1996), mostra que valores mais altos de K correspondem ao período reprodutivo de determinada espécie. Porém, mais estudos devem ser realizados para comparação de animais adultos ao longo do ano.

Entre os tipos de táticas reprodutivas, estão o tipo de desenvolvimento ovocitário e o tipo de desova, adotado pela espécie (Vazzoler, 1996). De acordo com Cergole & Dias Neto (2011) a sardinha-verdadeira é uma espécie com reprodução parcela. Através das análises histológicas, deste estudo, pode-se identificar que os ovários da sardinha-verdadeira possuem, desenvolvimento ovocitário “sincrônico em mais de dois grupos”, pois como relatou Vazzoler

(1996), as espécies desse grupo desenvolvem sincronicamente os ovócitos de cada lote e, à medida que os lotes mais desenvolvidos atingem a maturação são eliminados, caracterizando em desova múltipla ou parcelada.

Como visto nas lâminas apresentadas neste estudo, as fases de maturação a partir da subfase de desenvolvimento apresentaram ovócitos em estágios diferentes de desenvolvimento, na fase “capaz de desova” desde “ovócitos em crescimento primários” até FPO são identificados. Com isso, o mecanismo de desova “sincrônico em mais de dois grupos” torna-se mais marcado, fazendo com que as sardinhas-verdadeiras desovem periodicamente durante sua vida, eliminando lotes de ovócitos cada vez que atingem a maturação. Magnotti et al. (2020) relataram que um lote de geração F1 de *Sardinella brasiliensis* desovou espontaneamente em todas as estações do ano na região de Florianópolis, Brasil (27° 34' 02" S, 48° 25' 44" W).

## 2.6 CONCLUSÕES

O lote de *Sardinella brasiliensis*, teve seu valor máximo de RGS em dezembro, quando se encontrava na subfase de “desova ativa”, como indicou as análises histológicas. Nas condições ofertadas durante o experimento, 50% do lote de sardinhas-verdadeiras atingiu a primeira maturação sexual aos 5 meses de idade com 10,7 cm de comprimento e L100 aos 12,5 meses de idade com 15 cm de comprimento. O crescimento do lote foi contínuo ao longo do ano, com crescimento alométrico positivo (maior crescimento em peso do que em comprimento), aumentando em mais de três vezes o comprimento inicial e em mais de 40 vezes o peso inicial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahirwal, S. K., Jaiswar, A. K., & Chakraborty, S. K. (2017). Biometric analysis of oil sardine, *Sardinella longiceps* (Valenciennes, 1847) from Mumbai coast of Maharashtra, India. 2017.
- Andrade, D.R., Yasui, G.S., 2003. O Manejo Da Reprodução Natural E Artificial E Sua Importância Na Produção De Peixes No Brasil. Rev. Bras. Reprodução Anim. 27, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.026>
- Baali, A., Belhsen, O. K., Ouazzani, K. C., Amenzoui, K., & Yahyaoui, A. (2021). Age, Growth and Ovarian Histology of *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) in the South of Atlantic Moroccan Coast. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 21, n. 4, p. 191-204, 2021. [http://doi.org/10.4194/1303-2712-v21\\_4\\_04](http://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_4_04)
- Baloi, M.F., Sterzelecki, F.C., Sugai, J.K., Passini, G., Carvalho, C.V.A., Cerqueira, V.R., 2017. Growth performance, body composition and metabolic response to feeding rates in juvenile Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. Aquac. Nutr. 23, 1458–1466.

<https://doi.org/10.1111/anu.12521>

Brown-Peterson, N.J., Wyanski, D.M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B.J., Lowerre-Barbieri, S.K., 2011b. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Mar. Coast. Fish.* 3, 52–70. <https://doi.org/10.1080/19425120.2011.555724>

Brooks, Elizabeth N. et al. Stock assessment of protogynous fish: evaluating measures of spawning biomass used to estimate biological reference points. *Fishery Bulletin*, v. 106, n. 1, p. 12-23, 2008. ISSN 009-0656. Disponível em: <http://fishbull.noaa.gov/1061/brooks.pdf>

Cergole, M. C. e Neto, J.D., 2011. Plano De Gestão Para O Uso Sustentável Da Sardinha-Verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) no Brasil, Brasília, DF: Ibama, 2011.

Cerqueira, V.R., Sterzelecki, F., Baloi, M., Magnotti, C., Cipriano, F.S., Manzoni, 2020. Cultivo da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), in: UFSM (Ed.), Baldisserotto, B. (Org.). Santa Maria, pp. 57–72.

Cerqueira, V. R., Carvalho, C. V. C., Sanches, E. G., Passini, G., Baloi, M., & Rodrigues, R. V. (2017). Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 41, n. 1, p. 94-102, 2017.

Dick, J. L. Efeito de diferentes dietas no desempenho zootécnico de juvenis de sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, criados em tanque-rede. 2014. 56 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

Dateandtime.info. 2019. Nascer e pôr do Sol, duração do dia em Florianópolis, Brasil. Disponível em: <https://dateandtime.info/pt/citysunrisesunset.php?id=3463237&month=12&year=2019> Acesso em: 21 de agosto de 2021.

FAO, 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción, The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

FAO, 2018. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Roma, 2018. 227 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>

FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Roma. ISBN: 978-92-5-109185-2

Geffroy, B., Douhard, M., 2019. The Adaptive Sex in Stressful Environments. *Trends Ecol. Evol.* 34, 628–640. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.02.012>

Giraldo, Jesús et al. Assessing the (a) symmetry of concentration-effect curves: empirical versus mechanistic models. *Pharmacology & therapeutics*, v. 95, n. 1, p. 21-45, 2002.

Hill, T., & Lewicki, P., 2007. *Statistic: Methods and Applications*. Tulsa, OK: StatSoft Inc.

IBAMA. 2006. Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Sardinha-Verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steidachner, 1879) no Brasil. 90 p. Proposta do Subcomitê Científico para análise do Comitê de Gestão do Uso Sustentável da Sardinha verdadeira – CGSS. Brasília

- IBAMA. 2007. Identificação e reprodução de espécies marinhas como alternativa de isca-viva, para a captura do bonito listrado, no litoral catarinense e viabilidade de manutenção em tanques-rede. 44 p. Centro de pesquisa e gestão de recursos Pesqueiros do litoral sudeste e sul – CEPSUL.
- Isaac-Nahum, V.J., Cardoso, R.D., Servo, G., Rossi-Wongtschowski, C.L.B., 1988. Aspects of the spawning biology of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), (Clupeidae). *Fish Biol.* 32, 383–396. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1988.tb05375.x>
- Lubzens, E., Young, G., Bobe, J., Cerdà, J., 2010. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165, 367–389. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.022>
- Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C., & Krieter, J. (2014) A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in Aquaculture*, v. 8, n. 1, p. 30-42, 2014. <https://doi.org/10.1111/raq.12071>
- Magnotti, C., Sterzelecki, F., Dos Cipriano, F.S., Pedrotti, F., Da Rocha, V.M., Cerqueira, V., 2020. Spontaneous spawning of Brazilian sardine in captivity. *Bol. do Inst. Pesca* 46, 16–20. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2020.46.1.539>
- Murua, Hilario; Saborido-Rey, Fran. Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. 2003
- Occhialini, D. S. Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no sudeste e sul do Brasil. Dissertação. 2013, 171 p. Dissertação (mestrado em aquicultura) Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias-Departamento de Pós-graduação em Aquicultura, Florianópolis, SC. 2013.
- Paiva, M. P., Falcao, A. P. C., 2002. Estrutura de cardumes da sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no estado do Rio de Janeiro (Brasil). *Revista brasileira de zoologia*, v. 19, (Supl. 2) p. 85-92, 2002.
- Pereira, H. L. Manejo e maturação em cativeiro da sardinha verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no sul do Brasil. 2010. 82 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- Silva, J.P.C., Costa, M.R., Araujo, F.G., 2019. Energy acquisition and allocation to the gonadal development of *Cynoscion leiachus* (Perciformes, Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. *Mar. Biol. Res.* 15, 170–180. <https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1610777>
- Sinovčić, G., Keč, V.Č., Zorica, B., 2008. Population structure, size at maturity and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the nursery ground of the eastern Adriatic Sea (Krka River Estuary, Croatia). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 76, 739–744. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.07.037>
- Sousa, G. R., de Almeida Cruz, T., & Tosta, M. D. C. R. Análise da produção pesqueira industrial no município de Itajaí, Santa Catarina (Brasil) a partir dos anos 2000. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 8, n. 2, 2020.
- Tesch, F.W. (1971). Age and growth. In W. E. Ricker (Ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (pp. 98–130). Oxford: Blackwell Scientific Publications

Tsikliras, A. C., Koutrakis, E. T., & Stergiou, K. I. (2005). Age and growth of round *sardinella* (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean. *Scientia marina*, v. 69, n. 2, p. 231-240, 2005. <https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n2231>

UNIVALI/EMCT/LEMA. Estatística Pesqueira de Santa Catarina. Consulta On-line. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina. Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados (LEMA), da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia (EMCT) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). 2020. Disponível em: <http://pmap-sc.acad.univali.br/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

Vaz-dos-santos, A.M. & Rossi-wongtschowski, C.L.D.B. Length-weight relationships of the ichthyofauna associated with the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, on the Southeastern Brazilian Bight (22°S-29°S) between 2008 and 2010. *Biota Neotrop.* 13(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n2/en/abstract?short-communication+bn01613022013>

Vazzoler, A. E. A. de M., 1996. *Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática*, EDUEM. Eduem, Maringá-Paraná-Brasil.

Vazzoler, A.E.A. de M., 1962. Sobre a Primeira Maturação Sexual E Destruição De Peixes Imaturos. *Inst. Ocean. da Univ. São Paulo* 5–38. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241962000200001>

Zanuy. S., M. Carrillo. 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. En: *Reproducción en acuicultura*, CAICYT, Madrid España, Industrias Gráficas España, SL, 321 pp.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- ANDRADE, D.R., YASUI, G.S., 2003. O Manejo Da Reprodução Natural E Artificial E Sua Importância Na Produção De Peixes No Brasil. **Rev. Bras. Reprodução Anim.** 27, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.026>
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005. 472p.
- BARROS, N. H. C., LIMA, L. T. B., ARAÚJO, A. S., GURGEL, L. L., CHELLAPPA, N. T., CHELLAPPA, S. Estudos sobre as táticas e as estratégias reprodutivas de sete espécies de peixes de água doce do Rio Grande do Norte, Brasil. **HOLOS**. 2016. v.3, p. 84-103. ISSN: 1518-1634. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4815/481554866009>
- BROGGI, J. A., WOSNIAK, B., UCZAY, J., PESSATTI, M. L., & FABREGAT, T. E. H. P. Hidrolisado proteico de resíduo de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 2, p. 505-512, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8348>
- BROOKS, Elizabeth N. et al. Stock assessment of protogynous fish: evaluating measures of spawning biomass used to estimate biological reference points. **Fishery Bulletin**, v. 106, n. 1, p. 12-23, 2008. ISSN 009-0656. Disponível em: <http://fishbull.noaa.gov/1061/brooks.pdf>
- BROWN-PETERSON, Nancy J.; WYANSKI, David M.; SABORIDO-REY, Fran; MACEWICZ, Beverly J.; LOWERRE-BARBIERI, Susan K. A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes, **Marine and Coastal Fisheries**, v.3, n.1, p. 52-70, DOI: 10.1080 / 19425120.2011.555724
- CAVALLI, R. O. Com excelentes condições ambientais , piscicultura marinha carece de investimentos. **Visão Agrícola**, v. 11, n. 19, p. 18–23, dez. 2012.
- CAVALLI RO, HAMILTON S. A piscicultura marinha no Brasil - Afinal, quais as espécies boas para cultivar? **Panor Aquicult**, v.17, p.50-55, 2007.
- CERGOLE, Maria Cristina; DIAS-NETO, José. Plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* no Brasil. **Brasília: Ibama**, 2011. 180 p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/gestao-pesqueira/publicacoes/2011-livro-plano-gestao-sardinha-verdadeira.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2021.
- CERQUEIRA, V. R., CARVALHO, C. V. C., SANCHES, E. G., PASSINI, G., BALOI, M., & RODRIGUES, R. V. Manejo de reprodutores e controle da reprodução de peixes marinhos da costa brasileira. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 41, n. 1, p. 94-102, 2017. Disponível em: [http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v41/n1/p094-102%20\(RB677\).pdf](http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v41/n1/p094-102%20(RB677).pdf)
- DAVIES, IP, CARRANZA, V., FROEHLICH, HE, GENTRY, RR, KAREIVA, P. l., Governance of marine aquaculture: pitfalls, potential, and pathways forward. **Marine Policy**, v. 104, p. 29-36, 2019. ISSN 0308-597X. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.054>

FAO-Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014**. Roma, 2014. 243 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3720e/i3720e.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2021.

FAO-Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018**. Roma, 2018. 227 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>

FAO, 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción, The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

GENTRY, R. R., FROEHLICH, H. E., GRIMM, D., KAREIVA, P., PARKE, M., RUST, M. Mapping the global potential for marine aquaculture. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, n. 9, p. 1317–1324, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0257-9>

HERMANNSDOTTIR, R., JOHANNSDOTTIR, J., SMARADOTTIR, H., SIGURGISLADOTTIR, S., GUDMUNSDOTTIR, B. K., & BJORNSDOTTIR, R. Analysis of effects induced by a pollock protein hydrolysate on early development, innate immunity and the bacterial community structure of first feeding of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) larvae. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 27, n. 5, p. 595-602, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.05.007>

IBAMA. 2006. Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Sardinha-Verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) no Brasil. 90 p. Proposta do Subcomitê Científico para análise do Comitê de Gestão do Uso Sustentável da Sardinha verdadeira – CGSS. Brasília

IBAMA. 2007. Identificação e reprodução de espécies marinhas como alternativa de isca-viva, para a captura do bonito listrado, no litoral catarinense e viabilidade de manutenção em tanques-rede. 44 p. Centro de pesquisa e gestão de recursos Pesqueiros do litoral sudeste e sul – CEPSUL.

**Instrução Normativa Mapa nº 18**, de 10 de junho de 2020, sobre as regras de monitoramento para avaliação do novo período de defeso. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria da Aquicultura e Pesca. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-18-de-10-de-junho-de-2020-261278240>> Acesso em: 25 de maio. 2021.

ISAAC-NAHUM, V. J., VAZZOLER, A. E. A. D. M., & ZANETTI-PRADO, E. M. Estudos sobre estrutura, ciclo de vida e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), na área entre 22°S e 28°S, Brasil: 3. Morfologia e histologia de ovários e escala de maturidade. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 32, n. 1, p. 01-16, 1983. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241983000100001>

JABLONSKI, S. The Brazilian sardine. Is there any room for modelling? **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 2, p. 86–93, 2007.

LONGO, S. B., CLARK, B., YORK, R., & JORGENSON, A. K. Aquaculture and the displacement of fisheries captures. **Conservation Biology**, v. 33, n. 4, p. 832-841, 2019.

Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13295>

LUBZENS, E., YOUNG, G., BOBE, J., CERDÀ, J. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. **General and Comparative Endocrinology**, v. 165, n. 3, p. 367–389, fev. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.022>

LUTEN, J.; SCHRAM, E.; ELVEVOLL, E. Tailor-made functional seafood for consumers: Dietary modulation of selenium and taurine in farmed fish. In: **Improving farmed fish quality and safety**. Woodhead Publishing, 2008. p. 343-362.

MAGNOTTI, C., STERZELECKI, F., DOS CIPRIANO, F.S., PEDROTTI, F., DA ROCHA, V.M., CERQUEIRA, V., 2020. Spontaneous spawning of Brazilian sardine in captivity. *Bol. do Inst. Pesca* 46, 16–20. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2020.46.1.539>

MATSUURA, Yasunobu. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, n. 1, p. 33-43, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-77391998000100003>

NAYLOR, R., GOLDBURG, R., PRIMAVERA, J., KAUTSKY, N., BEVERIDGE, M. C., Clay, J., TROELL, M. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, n. 6790, p. 1017–1024 (2000). <https://doi.org/10.1038/35016500>

OCCHIALINI, D. S. **Diagnóstico da pesca de isca-viva empregada pela frota atuneira no sudeste e sul do Brasil**. Dissertação. 2013, 171 p. Dissertação (mestrado em aquicultura) Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias-Departamento de Pós-graduação em Aquicultura, Florianópolis, SC. 2013.

PAIVA, Melquíades Pinto; MOTTA, P. C. S. Fishing for the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner)(Osteichthyes: *Clupeidae*) and its by-catch off Rio de Janeiro State (Brazil). **Arq. Ciências do Mar**, v. 32, p. 85-88, 1999.

PASSINI, G., SILVA, L. A. R., CARVALHO, C. V. A., STERZELECK, F. C. Resultados preliminares das primeiras desovas da sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em cativeiro. **XI Reunião Científica do Instituto de Pesca**. 2011. Disponível em: <[https://www.pesca.sp.gov.br/11recip2013/resumos/11a\\_ReCIP\\_R45\\_146-148.pdf](https://www.pesca.sp.gov.br/11recip2013/resumos/11a_ReCIP_R45_146-148.pdf)>.

PEREIRA, H. L. Manejo e maturação em cativeiro da sardinha verdadeira, *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879), no sul do Brasil. 2010. 82 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SILVA, L. A. DA. **Crescimento de Juvenis, Maturação Sexual, Reprodução e Larvicultura da Sardinha-Verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) em Cativeiro**. 2013. 41 p.. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias-Departamento de Pós-graduação em Aquicultura, Florianópolis, SC. 2013.

SINOVIĆ, G., KEČ, V.Č., ZORICA, B., 2008. Population structure, size at maturity and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the nursery ground of the eastern Adriatic Sea (Krka River Estuary, Croatia). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 76, 739–744. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.07.037>

SOUSA, G. R., DE ALMEIDA CRUZ, T., & TOSTA, M. D. C. R. Análise da produção pesqueira industrial no município de Itajaí, Santa Catarina (Brasil) a partir dos anos 2000. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, 2020.

TSIKLIRAS, A. C.; ANTONOPOULOU, E. Reproductive biology of round *sardinella* (*Sardinella aurita*) in north-eastern Mediterranean. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p. 281–290, 2006.

UNIVALI/EMCT/LEMA. Estatística Pesqueira de Santa Catarina. Consulta On-line. **Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado de Santa Catarina**. Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados (LEMA), da Escola do Mar, Ciência e Tecnologia (EMCT) da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). 2020. Disponível em: <http://pmap-sc.acad.univali.br/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

VAZZOLER, A. E. A. DE M. Sobre a Primeira maturação sexual e destruição de peixes imaturos. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 12, n. 2, p. 05-38, 1962.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. 1 ed. Maringá: Eduem, 1996. 196 p.