



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL
MESTRADO EM PRODUÇÃO ANIMAL

ERIVALDO LAURINDO GOMES

**ESTRATÉGIA REPRODUTIVA, FATOR DE CONDIÇÃO E ESTUDO
MORFOFISIOLÓGICO DAS GÔNADAS DE *Katsuwonus pelamis***

MOSSORÓ

2017

ERIVALDO LAURINDO GOMES

**ESTRATÉGIA REPRODUTIVA, FATOR DE CONDIÇÃO E ESTUDO
MORFOFISIOLÓGICO DAS GÔNADAS DE *Katsuwonus pelamis***

Dissertação apresentada ao Mestrado em Produção Animal do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Linha de Pesquisa: Sistemas de produção sustentáveis

Orientador: Prof. Dr. José Ticiano Arruda Ximenes de Lima

MOSSORÓ

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

G633e GOMES, ERIVALDO LAURINDO.
Estratégia reprodutiva, fator de condição e estudo morfofisiológico das gônadas de *Katsuwonus pelamis* / ERIVALDO LAURINDO GOMES. - 2017.
91 f. : il.

Orientador: José Ticiano Arruda Ximenes de Lima.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Produção Animal, 2017.

1. Bonito listrado. 2. Estratégia reprodutiva.
3. Fator de condição . 4. Morfologia gonadal. I.
Lima, José Ticiano Arruda Ximenes de , orient.
II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ERIVALDO LAURINDO GOMES

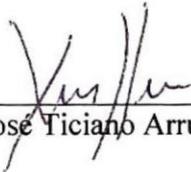
**ESTRATÉGIA REPRODUTIVA, FATOR DE CONDIÇÃO E ESTUDO
MORFOFISIOLÓGICO DAS GÔNADAS DE *Katsuwonus pelamis***

Dissertação apresentada ao Mestrado em
Produção Animal do Programa de Pós-
Graduação em Produção Animal da
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Mestre em Produção Animal.

Linha de Pesquisa: Sistemas de produção
sustentáveis

Defendida em: 22 / 02 / 2 017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Ticiano Arruda Ximenes de Lima



Prof. Dr. Carlos Iberê Alves Freitas



Prof. Dra. Maria do Socorro Ribeiro Freire Nunes Cacho

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não
sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,
não sou o que era antes”.*

(Marthin Luther King)

AGRADECIMENTOS

A Deus por sua graça, proteção e misericórdia, por ter me dado ânimo e perseverança para chegar até aqui. Tu és a razão do meu existir e todos os meus passos e sonhos são direcionados por ti, e estão entregues em suas mãos. Guia-me sempre, meu Senhor.

Ao Prof. Dr. José Ticiano Arruda Ximenes de Lima por permitir que eu estagiasse em seu Laboratório de Sanidade Aquática – LASA da UFERSA, aceitar me orientar nesse projeto e por me proporcionar ótimas experiências e oportunidades educacionais em um período de tempo tão curto.

Aos professores Carlos Iberê Alves Freitas, José Domingues Fontenele Neto e Maria do Socorro Ribeiro Freire Nunes Cacho que contribuíram nessa pesquisa.

Aos colegas de laboratório, Naibe Figueiredo, Claudio Giovanio, Maria Daniana, Bruna Laura, e Navegante Samonielle Caetano, pelos bons momentos e por toda a ajuda prestada e por dividir comigo esse projeto.

Aos pescadores que contribuíram com a pesquisa, em especial Paulo Maia, gerente da Frota de Pesqueira em Areia Branca RN.

A minha Mãe, Maura Maria da Silva, pelo amor e pela presença em todos os momentos importantes da minha vida.

Aos meus irmãos, Erivan, Erilene, Edilene e Elcilene, por dividirem comigo suas vitórias e partilharem das minhas.

Aos meus amigos Jones Faustino, Francisca Janaina, Breno Jhonatan, Sandro Querino e aos professores Alexandre Paula Braga, Liz Carolina, Guelson, e em especial Prof^o Dr Marcos Antonio Nóbrega de Sousa, que me deu muita força em avançar nessa pesquisa.

Enfim, a todos que acreditaram em mim e me apoiaram durante esses anos de estudo e dedicação.

Obrigado!

RESUMO

O peixe *Katsuwonus pelamis* habita preferencialmente os mares tropicais e temperados entre os paralelos 35°N e 35°S, estando apenas ausente no Mediterrâneo oriental e no Mar Negro, são popularmente conhecidos por bonito listrado, gaiado e bonito da barriga listrada. Esse peixe é de grande importância para a pesca artesanal na costa marítima do RN. Esse peixe pode usar diferentes táticas reprodutivas em suas estratégias de vida para maximizar a reprodução. O presente trabalho objetivou determinar a estratégia reprodutiva, fator de condição e a morfofisiologia das gônadas de *Katsuwonus pelamis*. As táticas na estratégia reprodutiva de *K. pelamis* os machos são maiores em comprimento, peso e em número; a população amostrada possui crescimento do tipo alométrico positivo; o ciclo reprodutivo é composto de quatro estádios macroscópicos de desenvolvimento gonadal (imaturo, em maturação, maduro e esvaziado), porém os imaturos não ocorreram na costa marítima; a maturação fisiológica nas fêmeas ocorre com 393mm e machos com 420mm; para a maturação funcional os machos estavam capazes de fertilizar com 430mm e as fêmeas de desovarem com 410mm; a fecundidade absoluta apresentou média de 1.132.425 ovócitos com um tipo de desova assincrônica; o período reprodutivo ocorre durante todo o ano com picos para fêmeas e machos nos meses Fevereiro, Maio e Agosto-Novembro quando o IGS teve seus maiores valores com melhor condição de bem estar no mesmo período. Estes peixes são estrategistas intermitente, por reunir um conjunto de características desenvolvida para ter sucesso na reprodução. Neste trabalho foram efetuadas análises de ovário e testículo de *K. pelamis* para caracterizar a estrutura morfológica em diferentes estádios de desenvolvimento gonadal. No estudo morfo-histológico os ovários apresentaram diferenciações nos estádios de desenvolvimento gonadal, sendo semicilíndricos, levemente lobulada e constituída de túnica albugínea e septos, vasos e lúmen. No estádio em maturação o ovário ocupa 1/4 da cavidade com vascularização periférica o que confere uma coloração avermelhada, com ovócitos perinucleolado nas lamelas ovíferas e início da vitelogênese lipídica e protéica. Para estádio maduro o ovário ocupa 3/4 da cavidade com coloração amarela, com ovócitos aumentados em função da deposição de placas protéicas resultantes da vitelogênese completa. Quando esvaziada, o tamanho da gônada é reduzida a 2/4 da cavidade evidenciando aspectos hemorrágicos, o ovário apresenta ovócitos atrésicos e na periferia da gônada encontra ninhos de células germinativas. Registrou-se distinção macroscópica em machos: maturação, maduro e esvaziado. Foram encontradas três fases (maturação, maduro e esvaiado). A morfologia testicular apresenta diferenciações microscópica para os diferentes estádios de desenvolvimento gonadal como: túnica albugínea, vasos sanguíneos, septos, compartimento tubular constituído por células de Sertoli. No estádio em maturação o testículo ocupa 1/4 da cavidade e apresenta coloração avermelhada, microscopicamente não apresenta esperma no lúmen. No estádio maduro o testículo ocupa 3/4 da cavidade com coloração leitosa, microscopicamente muitos espermatozoides se encontram no tecido testicular e no lúmen. Na fase esvaziada, o tamanho da gônada é reduzida a 2/4 da cavidade com aspectos flácidos, microscopicamente espermatozoides residuais.

Palavras-chave: Bonito listrado. Estratégia reprodutiva. Fator de condição. Morfologia gonadal.

ABSTRACT

The *Katsuwonus pelamis* inhabits preferably tropical and temperate seas between the parallels 35°N and 35°S, being only absent in the Eastern Mediterranean and in the Black Sea, they are popularly known for skipjack tuna. That fish is very important for the artisanal fishing on the Rio Grande do Norte State coast. That fish may use different reproductive tactics in their life strategies to maximize the reproduction. That work objectified to determine the reproductive strategy, condition factor and the morpho-physiology of the gonads of *Katsuwonus pelamis*. The tactics in the reproductive strategy of *K. pelamis* the males are larger in length, weight and in number: the sampled population has positive allometric type growth; the reproductive cycle was composed of four macroscopic stadiums of gonadal (immature, in maturation, mature and emptied) development, but the immature do not occur on the sea coast; The physiological maturation in the females occur with 393mm and of the males with 420mm; In functional maturation, the males were able to fertilize with 430mm and the females spawned with 410 mm; The absolute fertility presented average of 1,132,425 oocytes with an asynchronous spawning type; the reproductive period occurs during the year with peaks for females and males in the months from February, May and August when the IGS had its larger values with better condition of welfare in the same period. These fish are intermittent strategists, for bringing a set of characteristics developed to have success in reproduction. In that work ovary and testicle analyses of *K. pelamis* were fulfilled to characterize the morphologic structure in different stadiums of gonadal development. In the morpho-histological the ovaries present differentiations in the stadiums of gonadal development, being semi-cylindrical, slightly lobed and constituted of albuginous tunic and septa, vessels and lumen. In the stadium in maturation the ovary occupies $\frac{1}{4}$ of the cavity with peripheral vascularization which gives a reddish coloring, with perinucleolar oocytes in the ovigerous lamellae and beginning of the lipid and protein vitellogenesis. For mature stadium the ovary occupies $\frac{3}{4}$ of the cavity with yellow coloring, with oocytes increased in function of the deposition of protein plates resulting from complete vitellogenesis. When emptied, the size of the gonad is reduced to $\frac{2}{4}$ of the cavity evidencing hemorrhagic aspects, the ovary presents atretic oocytes and in the periphery of the gonad finds nests of germinative cells. It was registered macroscopic distinction in males: maturation, mature and emptied. Three phases were found (maturation, mature and emptied). The testicular morphology presents microscopic differentiations or the different stadiums of gonadal development such as: albuginous tunic, blood vessels, septa, tubular housing constituted by Sertoli's cells. In the stadium in maturation the testicle occupies $\frac{1}{4}$ of the cavity and present reddish coloring, microscopically does not present sperm in the lumen. In the mature stadium the testicle occupies $\frac{3}{4}$ of the cavity with milky coloring, microscopically many spermatozoa meet in testicular tissue and lumen. In the emptied phase, the size of the gonad is reduced to $\frac{2}{4}$ of the cavity with flaccid aspects, microscopically residual spermatozoa.

Keywords: Skipjack tuna. Reproductive strategy. Condition factor. Gonadal morphology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). Fonte: Adaptado (FISHBASE, 2016). 17
- Figura 2.** Principais estruturas morfométricas e merísticas de *Katsuwonus pelamis*. Fonte: Acervo do Autor (2016). 20
- Figura 3.** Observação macroscópica dos estádios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *Katsuwonus pelamis*: (a) ovário em maturação inicial, (b) em maturação final, (c) maduro, (d) esvaziado, (d) testículo em maturação, (e) maduro, (f) esvaziado (escala = 50mm). 54
- Figura 4.** Macroscopic characteristics of the ovary in *Katsuwonus pelamis* in the semi-arid region in stadium II – Ovary initial maturation (figure. 1a), stadium III – Final maturation (figure. 1b), stadium IV – Mature (figure. 1c) and stadium V – Emptied (figure. 1d) (scale = 50mm). 70
- Figura 5.** Photomicrography of the transversal cut of the ovaries of *Katsuwonus pelamis*, evidencing the presence of slight frizzes that confirm the semi-cylindrical format (increase of 4X). TA – albugineous tunic, Sep – septa, F – follicles, V – vessels, L – lumen, EO – ovarian stroma. (LO). HE. 4X. 72
- Figura 6.** Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* in the semi-arid. Phase I – group of germ cells, Phase II – Oocyte in reserve stock. HE. 4X. 77
- Figura 7.** Photomicrography of the phases of oocyte development in Phase V – Oocyte in full vitellogenesis, N – nucleus. HE. 4X. 77
- Figura 8.** Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* Phase III – oocytes with lipid vitellogenesis. HE. 4X. 77
- Figura 9.** Photomicrography of the phases of oocyte development in Phase IV – Oocyte in lipid and protein vitellogenesis, GL – Lipid droplets, Pr - proteins. HE. 4X. 77
- Figura 10.** Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* in initial atretic phases evidencing flaccidity in the MV – vitelline membrane. HE. 4X. 77
- Figura 11.** Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* in final process of atresia (cell apoptosis) AO – atresia with amorphous aspect (figure. f). HE. 4X. 77

- Figura 12.** Morfologia testicular de *K. pelamis* no semiárido (A)um corte histológico transversal mostrando as leves ondulações que confirmam o formato semicilíndrico (aumento de 4X). TA – Túnica albugínea, Sep – septos, L – lúmen, TS – túbulo seminífero, SP - espermatozóide e CT – cistos. Morfologia testicular (B) um corte histológico transversal. Fonte do autor (2017)..... 85
- Figura 13.** Características macroscópicas do testículo em *Katsuwonus pelamis* no semiárido em Estádio II – Maturação (fig. a), estágio III – maduro (fig. b) e fase IV – esvaziado (fig. c)..... 86
- Figura 14.** Características microscópicas do testículo em *Katsuwonus pelamis* no semiárido. Fases microscópicas do testículo em maturação (fig. A), maduro (fig. B), esvaziado (fig. C e D). L – lúmen, SC – espermatocistos, SP – espermatozóides, ST espermátides, células de Sertoli (CS). HE. 4X. 88

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Relação peso-comprimento: (a) sexo grupado, (b) machos e (c) fêmeas de *Katsuwonus pelamis*. 50
- Gráfico 2.** Proporção sexual de *Katsuwonus pelamis* distribuído nos meses de coleta..... 51
- Gráfico 3.** Frequência relativa de distribuição de ovários e testículos nos três estádios de maturação sexual de (a) machos e (b) fêmeas de *Katsuwonus pelamis* em diferentes meses de observação. 53
- Gráfico 4.** Índice gonadossomático (IGS) mensal da população de *Katsuwonus pelamis*. 55
- Gráfico 5.** Fator de condição na população amostrada de *Katsuwonus pelamis*. 57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Medidas morfométricas	44
Tabela 2. Valores merísticas.....	45
Tabela 3. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrão das estruturas morfométricas da população de machos e fêmeas de <i>Katsuwonus pelamis</i>	48
Tabela 4. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrão das estruturas merísticas da população de machos e fêmeas de <i>Katsuwonus pelamis</i>	48
Tabela 5. Táticas reprodutivas da espécie <i>K. pelamis</i> em clima semiárido.....	58
Tabela 6. Relationship among weight, length and maturation stadiums of <i>Katsuwonus pelamis</i>	68
Tabela 7 Macroscopic measurement (mm) of the ovary of <i>Katsuwonus pelamis</i> in different maturation stadiums.	73
Tabela 8 Microscopic measurement (μm) of the ovary of <i>Katsuwonus pelamis</i> in different maturation stadium.....	74
Tabela 9 Follicular development (μm) of <i>K. pelames</i> in different phases referenced by Grande et al (2012).....	75
Tabela 10 Características do desenvolvimento testicular macroscópico microscópico do <i>Katsuwonus pelamis</i>	87

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 AMBIENTE MARINHO E PESCA DO BONITO LISTRADO	15
1.1 FAMÍLIA SCOMBRIDAE E ESPÉCIE EM ESTUDO	16
1.2 ESTRATÉGIA, TÁTICA REPRODUTIVA E FATOR DE CONDIÇÃO DE PEIXES	18
1.2.1 Tamanho corporal: relação peso-comprimento	19
1.2.2 Morfologia e desenvolvimento gonadal de teleósteos	20
1.2.2.1 Ovários de teleósteos	20
1.2.2.2 Testículos de teleósteos	22
1.2.2.3 Desenvolvimento gametogênico em fêmeas e machos	23
1.2.3 Maturação gonadal	25
1.2.4 Índice gonadossomático (IGS) e época de desova	31
1.2.5 Proporção sexual e maturação sexual	32
1.2.6 Fecundidade e tipo de desova	32
1.2.7 Fator de condição (K)	33
REFERÊNCIAS	34
2. OBJETIVOS	39
2.1 Objetivo geral	39
2.2 Objetivos específicos	39
CAPÍTULO I	40
ESTRATÉGIA REPRODUTIVA E O FATOR DE CONDIÇÃO DE <i>Katsuwonus pelamis</i> NO SEMIÁRIDO DO BRASIL	40
CAPÍTULO II	63
MORFOLOGIA OVARIANA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO GONADAL EM <i>Katsuwonus pelamis</i>	63
CAPÍTULO III	79
MORFOLOGIA TESTICULAR EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE <i>Katsuwonus pelamis</i>	79

1. INTRODUÇÃO

O bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), pertence ao grupo dos atuns e afins, que são espécies pelágicas altamente e migratórias, pertencente à família Scombridae, com ampla distribuição geográfica habitando preferencialmente em águas tropicais e subtropicais de todos os oceanos e constitui um importante recurso pesqueiro mundial (HAZIM, 2008).

A Comissão Internacional para a Conservação do Atum Atlântico ICCAT é um órgão internacional responsável pela conservação e ordenamento dos recursos pesqueiros de atuns e afins do Atlântico objetivando contar a colaboração dos países membros, aos quais compete fornecer regularmente todos os dados e informações estatísticas disponíveis sobre as suas pescarias, bem como desenvolver pesquisas científicas que contribuam para a realização das análises de avaliação dos estoques, com vistas a possibilitar a formulação das recomendações necessárias para a conservação e uso sustentado de todos os estoques de atuns e afins no Oceano Atlântico e mares adjacentes (ICCAT, 2011).

No Brasil, a pesca de atuns e afins ocorre por meio de embarcações industriais e artesanais e essas pescarias brasileiras com vara e isca-viva foram iniciadas por pescadores emigrados de Cabo Verde, que introduziram, em 1978 e perduram até os dias de hoje. Medidas de controle da pesca devem ser provenientes do estudo da biologia pesqueira que identificam o tamanho mínimo de captura através de dados biométricos, descrição morfológica com a identificação do desenvolvimento gonadal (LOPES e QUEIROZ 2009).

Devido a poucas pesquisas na região do semiárido e da grande biodiversidade de peixes na costa do nordeste do Brasil, esse estudo visou caracterizar a estratégia reprodutiva com o fator de condição e a morfologia das gônadas de *Katsuwonus pelamis*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AMBIENTE MARINHO E PESCA DO BONITO LISTRADO

O ambiente marinho é constituído de solução com solvente (água) e solutos (sais), sais que incluem o cloro, sódio, sulfato, magnésio, cálcio e potássio (ABRUNHOSA, 2011) e apresenta uma atividade fotossintética, fluxo de energia entre produtores e consumidores e abriga a flora marinha com algas que são elementos importantes do ecossistema aquático e fauna que apresenta um conjunto de indivíduos com movimento próprio que habitam a coluna d'água, entre eles se encontra peixes pelágicos e demersais, moluscos (lulas), répteis (tartarugas) e mamíferos (baleias e golfinhos) (FONTELES FILHO, 2011). Entre estes animais, destacam-se na pesca artesanal os atuns e afins, estes são caracterizados de duas formas: Os atuns (género *Thunnus*) que são um dos grupos de espécies de peixes mais importantes do ponto de vista pesqueiro e as espécies-afins do atum são peixes que partilham o mesmo habitat e são capturadas em conjunto - são principalmente os "peixes-de-bico": o espadarte (*Xiphias gladius*), os espadins ou marlins (*Makaira spp.*) e os veleiros ou agulhões ou peixes-de-vela (*Istiophorus spp.*) (DIAS, 2008). Esses peixes no ambiente marinho são capturados durante as operações de pesca de exploração econômica (SILVA e SANTOS, 2000). Os atuns e afins são peixes pertencentes à família Scombridae que vivem nas regiões tropicais e subtropicais de todos os oceanos (CARVALHO, BARBOSA, *et al.*, 2015).

Este grupo de atuns e afins engloba cerca de 40 espécies, normalmente da família Scombridae. Onde as espécies mais importantes na pesca de atuns e afins comercialmente são: o bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*), as albacoras (*Thunnus albacares*, *T. alalunga*, *T. atlanticus*), cavala (*Scomberomorus cavalla*), a serra (*Scomberomorus brasiliensis*) (SOUZA, 2004).

No Brasil a pesca de atuns e afins ocorre por meio de embarcação, vulgarmente conhecida como atuneira, e que leva consigo uma segunda embarcação denominada "panga" que é equipada com uma rede de cerco similar àquela utilizada pela frota de cerco, com menores dimensões, destinada à captura de isca-viva (BRASIL, 2012).

A pesca artesanal do peixe bonito listrado no Brasil foi iniciada por volta de 1979, na costa sudeste e sul do país em áreas com profundidade de 100m até o talude continental superior (CAMPOS e ANDRADE, 1998). A pesca de atuns e afins é realizada ao longo de toda a costa brasileira de forma, predominantemente, artesanal no Norte/Nordeste e industrial nas regiões Sudeste/Sul, ocupando milhares de trabalhadores do mar de forma direta e indireta (CARVALHO, BARBOSA, *et al.*, 2015).

A captura de bonito-listrado na costa nordeste do Brasil, se dá de forma esporádica e em pequeno volume, onde as tripulações dos barcos de pesca relata ocasionais visualizações de cardumes de bonito-listrado, particularmente na área dos bancos oceânicos ao norte do Rio Grande do Norte incluindo Ceará (HAZIM, 2008).

No estado do RN a captura artesanal do bonito listrado no Estado do RN representa cerca de 80% da produção pesqueira, que ocorre principalmente nos municípios ao longo do litoral: Tibau, Areia Branca, Macau, Caiçara do Norte, São Miguel do Gostoso, Touros, Rio do Fogo, Maxaranguape, Natal, Tibau do Sul e Baía Formosa (SILVA, MEDEIROS e SILVA, 2006).

1.1 FAMÍLIA SCOMBRIDAE E ESPÉCIE EM ESTUDO

Os peixes representantes da família Scombridae habitam preferencialmente mares tropicais e temperados entre os paralelos 35°N e 35°S, estando apenas ausente no Mediterrâneo oriental e no Mar Negro. Esses peixes são predadores velozes que habitam o ambiente pelágico, algumas realizam migrações de longa distância em busca de alimento ou para se reproduzirem (DIAS, 2008). Possuem grande importância para a pesca artesanal e esportiva (SPILMAN, 2000). A família se caracteriza morfológicamente por apresentar o corpo alongado, pouco comprimido, quase circular em corte vertical, pedúnculo caudal estreito e grande nadadeira caudal acentuadamente bifurcada, cuja base é reforçada por duas ou três quilhas laterais, a cabeça varia de moderada a grande, boca terminal ampla, escamas diminutas, inexistentes ou presentes somente na região anterior do corpo, duas nadadeiras dorsais por vezes bastante separadas (LESSA e NÓBREGA, 2000).

Os principais representantes da família são *Acanthocybium solandri* (cavala preta), *Auxis thazard* (Bonito cachorro), *Euthynnus alletteratus* (Bonito pintado), *Katsuwonus pelamis* (Bonito listrado), *Scombercolias* (Cavalinha), *Scomberomorus brasilliensis* (Serra), *Scomberomorus cavalla* (Cavala branca), *Scomberomorus regalis* (Serra pininga), *Thunnus alalunga* (Albacora branca), *Thunnus albacares* (Albacora laje), *Thunnus atlanticus* (Albacorinha), *Thunnus obesus* (Albacora bandolim) e *Thunnus thynnus* (Atum) (MENDIZABAL, 2013).

Dentre estes, o peixe *Katsuwonus pelamis* (Figura 1) foi catalogado por Linnaeus 1758 e pertence ao reino Animalia, filo Chordata, classe Actinopterygii, família Scombridae, gênero *Katsuwonus* e recebe diversas denominações populares: gaiado, listrão, bonito de barriga listrada ou bonito listrado (CAMPOS, 1998).

As características básicas do *K. pelamis* são o corpo fusiforme, 1ª barbatana dorsal nitidamente mais alta que a 2ª, Barbatanas peitorais pequenas, chegando a medir a metade da 1º lepidotríquio dorsal, barbatana anal seguida de 7 ou 8 pínulas pretas, ainda possuem 3 quilhas dérmicas bem forte de cada lado da barbatana caudal, apresentando coloração azul arroxeadado no dorso e cor prateada no flanco, apresenta de 4 a 6 faixas longitudinais escura no flanco, desprovidos de escamas com exceção da nadadeira peitoral e do corselete e bexiga natatória ausente (DIAS, 2008).

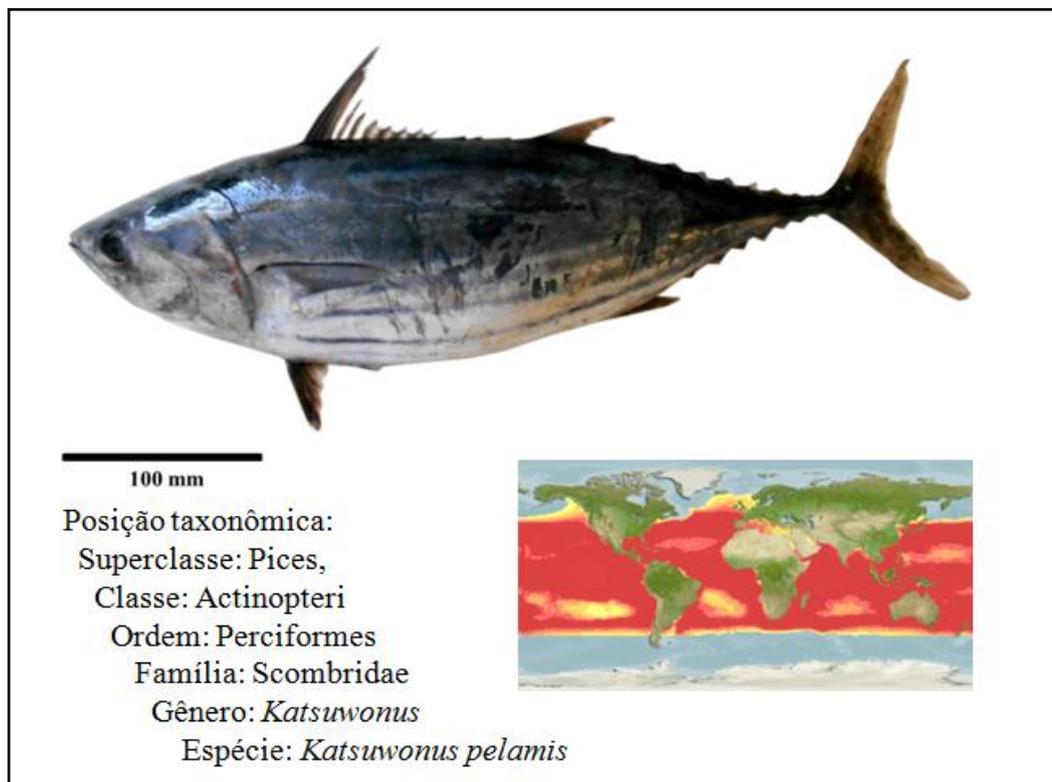


Figura 1. *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). Fonte: Adaptado (FISHBASE, 2016).

O comprimento furcal máximo registrado foi de aproximadamente 108 cm e peso de 32,5 a 34,5 Kg (SPILMAN, 2000). O Comprimento médio e peso médio são respectivamente de 80 cm e peso em torno de 8 a 10 Kg (FISHBASE, 2016).

O bonito listrado se alimenta de peixes, crustáceos, cefalópodes, moluscos e ainda confere que o canibalismo é comum, quando não há uma boa disponibilidade de alimento (FISHBASE, 2016). O bonito se reproduz em mar aberto desovando várias vezes por ano nas águas equatoriais e o período da desova é mais curto à medida que se afasta da linha do equador e as larvas se restringem a áreas com temperatura superficial do mar de pelo menos 25 °C (COLLETTE, 1983).

A Comissão Internacional para a Conservação do Atum do Atlântico (ICCAT), órgão responsável pelo ordenamento da pesca de atuns e afins no Atlântico, propiciam uma importante atividade pesqueira na costa brasileira e corresponde ao recurso com o maior potencial para aumento do esforço de pesca, visto que a maioria dos estoques encontra-se muito abaixo do Rendimento Máximo Sustentável (RMS), além de não existir cota de captura para as espécies e afins, com exceção do espadarte *Xiphias gladius* (ICCAT, 2011).

1.2 ESTRATÉGIA, TÁTICA REPRODUTIVA E FATOR DE CONDIÇÃO DE PEIXES

Os peixes apresentam diferentes estratégias reprodutivas para maximizar sua produção e garantir a sobrevivência dos descendentes até a idade adulta. Essas estratégias são aprimoradas por seleção natural às pressões fisiológicas e ambientais sobre reprodução. Existem três tipos de estratégias reprodutivas: estratégias oportunistas - são peixes de pequeno tamanho corporal com primeira maturação precoce, período de vida curto e baixa fertilidade; estrategistas sazonais - são peixes de tamanho corporal intermediário, primeira maturação intermediária e fecundidade intermediária alta; estrategistas de equilíbrio - são peixes de tamanho corporal grande, primeira maturação tardia com longo período de vida, além de alta fecundidade (OLIVEIRA, MORAIS, *et al.*, 2015).

A estratégia reprodutiva constitui um conjunto de táticas reprodutivas que a espécie manifesta para ter sucesso ao longo das gerações de modo a garantir o equilíbrio da população. As principais táticas que compõem a estratégia reprodutiva de peixes são: tamanho corporal, desenvolvimento das gônadas, IGS, época de desova, proporção sexual, maturação sexual e fecundidade (BARROS, LIMA, *et al.*, 2016).

Estudos sobre as táticas reprodutivas são informações importantes para tomada de medidas racionais para regulamentação da pesca e conservação dos estoques pesqueiros e para analisar o estado fisiológico destes animais utiliza-se o fator de condição (k) a partir do pressuposto de que indivíduos com maior massa em um dado comprimento estão em melhor condição (LIMA-JUNIOR e GOITEIN, 2006).

1.2.1 Tamanho corporal: relação peso-comprimento

Tamanho corporal pode ser expresso pela relação peso-comprimento de uma espécie é uma importante ferramenta para se estudar a biologia pesqueira, se tornando necessária para o manejo e preservação de um ambiente, pois vai fornecer informações sobre a ecologia das espécies e permitir a determinação indireta do peso, através do comprimento e análise do ritmo de crescimento através do coeficiente alométrico, mostrando eventuais mudanças na forma ao longo do desenvolvimento do indivíduo (ARAÚJO, 2011).

Esta relação é útil quando se quer determinar o peso e a biomassa, quando apenas as medidas de comprimento são avaliadas (TAVARES-DIAS, 2010). Existem 23 principais medidas morfométrica para identificação da espécie: Comprimento furcal (LF), comprimento padrão (LS), comprimento da cabeça (LL), comprimento do focinho (LO), comprimento da mandíbula (LM), abertura inter-mandibular (AIM), diâmetro horizontal do olho (OO), espaço inter-orbital (EIO), altura máxima do corpo (H), comprimento pré-dorsal (LD), comprimento pré-peitoral (LP), comprimento pré-ventral (LV), comprimento pré-anal (LA), distância ventral caudal (VC), distância ventral anal (VA), base da nadadeira dorsal (DD), maior acúleo da nadadeira dorsal (AD), base da nadadeira peitoral (PP'), comprimento da nadadeira peitoral (CP), base da nadadeira ventral (VV'), comprimento da nadadeira ventral (CV), base da nadadeira anal (AA') e comprimento da nadadeira anal (CA) (FONTELES FILHO, 2011).

Existem 10 principais medidas contagem de estruturas merísticas para a real quantificação das estruturas lepdotríquios dorsais duros, lepdotríquios dorsais moles, lepdotríquios peitorais duros, lepdotríquios peitorais moles, lepdotríquios ventrais duros, lepdotríquios ventrais moles, lepdotríquios anais duros, pínulas dorsais e ventrais e quilhas dérmicas (Figura 2) (LIMA, FONTELES FILHO e CHELLAPPA, 2007).

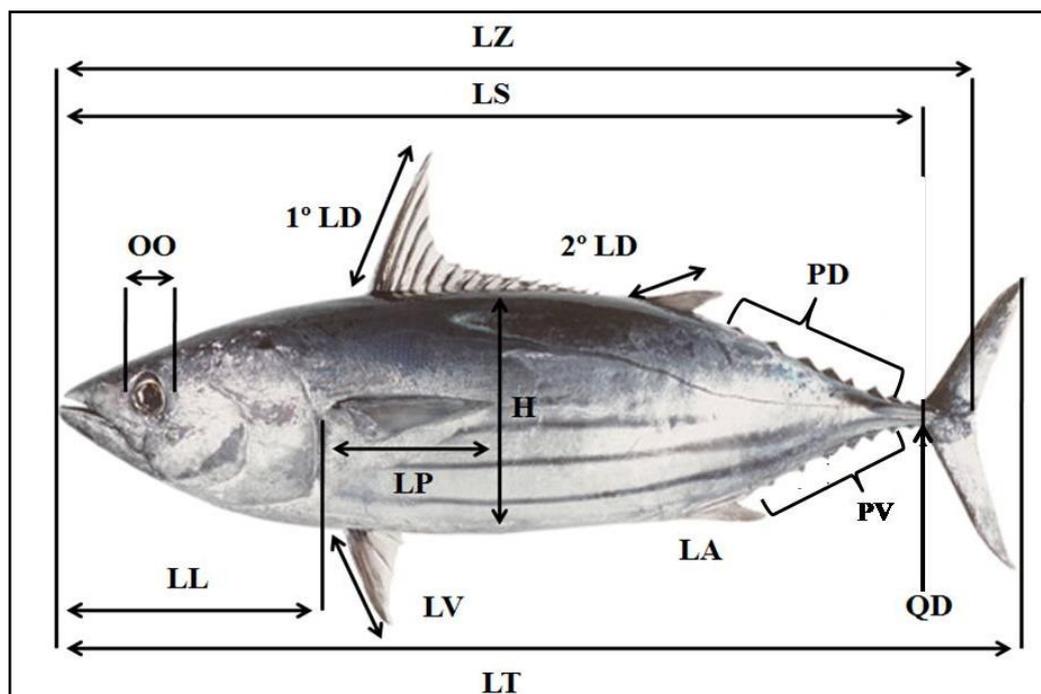


Figura 2. Principais estruturas morfométricas e merísticas de *Katsuwonus pelamis*. Fonte: Acervo do Autor (2016).

1.2.2 Morfologia e desenvolvimento gonadal de teleósteos

O estudo gonadal se destaca por diferenciar morfologicamente os ovários e testículos, o desenvolvimento gametogênico em machos e fêmeas e as sucessivas modificações presentes durante a maturação gonadal, permitindo a compreensão do desenvolvimento reprodutivo, atribuído a uma sequência de modificações no aparelho reprodutor (FONTELES FILHO, 2011).

1.2.2.1 Ovários de teleósteos

Os ovários são órgãos pares que pode apresentar diferenciações morfológicas em sua estrutura, sendo estes: alongados, fusiformes e globosos. Localizados na porção dorsal ou lateralizadas da cavidade celomática, um de cada lado da vesícula gasosa e dorsalmente ao tubo digestivo (ANDRADE, ANDRADE, *et al.*, 2015). Cada uma das gônadas prolonga-se no sentido caudal-crânial, fundindo-se em oviduto terminando na papila urogenital por onde os óvulos alcançam o meio externo, localizada caudalmente à abertura anal (EIRAS e PINOTI, 1986).

Existem dois tipos diferentes que são classificados de acordo com o padrão de formação de cápsulas, sendo tipo **cistovariano** e tipo **ginnovariano**. O tipo cistovariano o ovário é rodeado pela cápsula ovariana ocorrendo em muitos peixes teleóstos tais como o dourado e tilapia, apresentando uma cavidade ovariana e oviduto contínuo através do qual, ovócitos alcançam o meio externo. O ovário do tipo gymnovariano carece de uma parte do cápsula ovariana e, portanto, os óvulos são diretamente na cavidade abdominal e alcançando que os ovócitos são liberados diretamente na cavidade celômica, para depois serem lançados ao meio externo, este tipo ocorre em salmonídeos e enguias (KAGAWA, 2013).

Os ovários dos peixes podem apresentar diferenciações morfológicas, como o caso da cavala (*Scomberomorus cavalla*), mussum (*Synbranchus marmoratus*) e pirarucu (*Arapaima gigas*) que apresentam respectivamente: *S. cavalla* dois órgãos alongados, separados um do outro, exceto onde os dois ovidutos se unem, posteriormente antes de penetrarem a cloaca, as gônadas acham-se aderidas à parede dorsal da cavidade celomática (ALVES e TOMÉ, 1967); As fêmeas *S. marmoratus* são hermafroditas com um ovário, sendo um órgão ímpar, longo, de formato cilíndrico e com bordas arredondadas (BARROS, NASCIMENTO, *et al.*, 2013) e *A. gigas* apresenta um órgão singular, de forma laminada, localizado na porção látero-esquerda da cavidade celomática e apresenta fendas transversais em sua extensão e possui na sua porção anterior um formato rombóide (forma de losango) e na extremidade posterior, forma delgada fundindo-se ao oviduto que se comunica com o poro urogenital depois do ovário, encontra-se oviduto que pode ter um alargamento para estoque, deposição de óvulos e termina no poro genital (LOPES e QUEIROZ, 2009).

De acordo com o grau de desenvolvimento gonadal o tamanho, forma, coloração e a vascularização dos ovários sofrem modificações e as variações destas características possibilitaram a elaboração da escala de maturação gonadal (SILVA, PAIVA FILHO e REIS, 1998).

Histologicamente os ovários são compostos por: túnica albugínea, septos, lamelas, lúmen, estroma ovariano, cistos, folículos e vasos sanguíneos. Cada ovário está envolvido numa fina membrana – túnica albugínea composta por conjuntivo denso e células fibrosas (BERNARDES e DIAS, 2000). A túnica albugínea apresenta grande quantidade de feixes de fibras musculares que se projetam nos ovários formando os septos que originam as lamelas em estádios iniciais de desenvolvimento, e tais estruturas variam em tamanho e podem apresentar ramificações que se prolongam em direção ao lúmen que é cavidade central ao longo de todo o comprimento do ovário, dividindo em compartimentos contendo células germinativas sustentadas por um tecido conjuntivo frouxo (estroma ovariano) (SILVA,

PAIVA FILHO e REIS, 1998). Nestes septos encontram-se os ovócitos, em diferentes estados de desenvolvimento, onde os de menores dimensões aparecem dentro de pequenos cistos, enquanto que os maiores são envolvidos por estruturas denominadas folículos (COSTA, 2004).

Nesse compartimento se encontra grande número de vasos sanguíneos em diferentes graus de vascularização, variando de acordo com o estágio de maturidade e com a localização, uma vez que a vascularização é ser mais intensa na porção interna desta camada (GRASSIOTTO e ISHIBA, 2013).

1.2.2.2 Testículos de teleósteos

Os testículos são órgãos pares, alongados, fusiformes, e globosos e estão localizados na porção dorsal da cavidade celomática, um de cada lado da vesícula gasosa e dorsalmente ao tubo digestivo. Cada uma das gônadas prolonga-se no sentido cranial-caudal, fundindo-se em terminando na papila urogenital (COSTA, 2004).

Os testículos dos peixes podem apresentar diferenciações morfológicas, como o caso da cavala (*Scomberomorus cavalla*), mussum (*Synbranchus marmoratus*) e pirarucu (*Arapaima gigas*) que apresentam respectivamente: *S. cavalla* consistem de dois órgãos alongados, fusiformes e de secção transversal triangular, são separados, situados um ao lado do outro, ficando unido apenas onde o espermatodutos se reúne, ao penetrarem a cloaca (ALVES e TOMÉ, 1967). No *S. marmoratus*, os machos primários apresentam as gônadas como um órgão par, mostrando dois cordões (um direito e outro esquerdo). São unidos por tecido conjuntivo na região posterior (BARROS et al., 2013). A gônada do *A. gigas* é tal como o ovário, um órgão singular, sendo longelíneo, semicilíndrico, apresenta bordas lisas, e está localizado na porção inferior látero-esquerda da cavidade celomática. Naquela posição, está sustentado pelo peritônio, prolongando-se até o poro urogenital através de um ducto espermático (LOPES e QUEIROZ, 2009).

Histologicamente os testículos são compostos por: túnica albugínea, septos, tubos seminíferos, compartimentos tubular, compartimentos intersticial (ANDRADE, ANDRADE, et al., 2015).

Na estruturação histológica dos testículos de teleósteos é formado por uma túnica albugínea constituído de tecido conjuntivo denso, a qual emite septos para o interior do órgão delimitando os compartimentos tubulares (AIRESL, STEFANINI e ORSP, 2000) constituída por células de Sertoli que exercem funções de fagocitose das células germinativas

degeneradas e de corpos residuais, nutrição das células germinativas e formar uma barreira testicular formando ninhos de células germinais (GRIER, 1981), onde o desenvolvimento desses ninhos começa quando ocorre uma associação entre espermatogônia primária a uma célula somática e essas células germinativas dentro dos ninhos estão na mesma fase de desenvolvimento (CHAGAS, NINHAUS e VERÍSSIMO, 2016) e células peritubulares mióides para dar suporte ao desenvolvimento das células da linhagem germinativa (GRIER, 1981).

No compartimento intersticial estão situados vasos sanguíneos em diferentes graus de vascularização, variando de acordo com o estágio de maturidade e células de Leydig, que possuem função de produzir hormônios para a diferenciação sexual, desenvolvimento das características sexuais secundárias e o comportamento sexual, e para a regulação da espermatogênese (GRASSIOTTO e ISHIBA, 2013).

Os tubos seminíferos que transporta o esperma para o exterior são apresentam dois tipos: primários, que se estendem dorso-ventralmente desde o ducto testicular principal ao longo da superfície dorsal do testículo; secundários, que têm origem nos primários e se estendem lateralmente, terminando debaixo da túnica e as células intersticiais se reúnem num ducto, chamado ducto espermático (GRASSIOTTO e ISHIBA, 2013).

Os testículos como classificados de acordo com Grier, (1993) em lobular ou tubular anastomosado. **O lobular** é caracterizado pela presença de inúmeros lóbulos, separados entre si por uma fina camada de tecido conjuntivo fibroso, onde o epitélio germinativo esta localizado apenas na periferia do órgão ou tubular nos testículos do tipo **tubular anastomosado** os compartimentos germinativos estão interconectados em toda extensão do testículo (SILVA e BAZZOLI, 2011).

1.2.2.3 Desenvolvimento gametogênico em fêmeas e machos

O desenvolvimento gametogênico é um processo biológico que é responsável pela formação de gametas masculinos por espermiogênese e femininos por oogênese. A espermatogênese é uma série de alterações (formação de acrossomo; condensação do núcleo; formação do colo, parte média e cauda; eliminação da maior parte do citoplasma) de espermatídes em espermatozóides (SADLER, 2007).

Nas fêmeas a gametogênese tem início no epitélio das lamelas ovarianas a partir das oogônias e que ambas oogônia indiferenciada, envolta por células epiteliais pré-foliculares formando ninhos. A auto-renovação (por mitose) dessas oogônia indiferenciadas que garante

a produção contínua dos gametas nas fêmeas. As oogônias diferenciadas e indiferenciadas dividem-se por mitose, formando um conjunto de células interconectadas, denominado de ninhos da linhagem germinativa (GRASSIOTTO e ISHIBA, 2013).

Após um determinado número de ciclos mitóticos, ainda no interior dos ninhos, as oogônias diferenciadas, entram em meiose, os quais permanecem interconectados por pontes citoplasmáticas e a meiose progride e estaciona em diplóteno tardio, quando as pontes citoplasmáticas são quebradas pelas células pré-foliculares, com conseqüente individualização dos oócitos, originando os folículos ovarianos. Por sua vez, as células, agora foliculares, sintetizam sua própria membrana basal, que permanece unida por certa extensão à membrana basal do epitélio lamelar. Células oriundas do estroma ovariano envolvem os folículos formando a teca (FRANÇA, HJ e GRASSIOTTO, 2010).

É no interior dos folículos, segregado do estroma ovariano pela membrana basal, que os oócitos se desenvolvem, acumulam vitelo e maturam. A meiose é retomada no final da maturação e só se completa com a fertilização. A ovulação ocorre pelo local da membrana basal compartilhado pelo folículo ovariano e pelo epitélio lamelar (GRASSIOTTO e ISHIBA, 2013).

O desenvolvimento ovocitário pode ser de três formas, sendo estas, sincrônicas em um grupo, sincrônicas em grupos e assincrônicas. O sincrônico em um grupo é quando todos os ovócitos se desenvolvem ao mesmo tempo e a fêmea apresenta uma única desova m toda a sua vida. Já no caso dos sincrônicos em grupos é quando dois ou mais agrupamento agrupamentos distintos existentes no ovário se desenvolve em ritmos diferentes e as desovas ocorrem em ciclos sazonais e assincrônicas é quando possui ovócito em todos os estados de maturação dentro do ovário e apresenta desovas contínuas ao longo do ano (BALDISSEROTTO, 2002).

O desenvolvimento ovocitário pode ser de três formas, sendo estas, sincrônicas em um grupo, sincrônicas em grupos e assincrônicas. **O sincrônico em um grupo** é aquele no qual todos os ovócitos se desenvolvem ao mesmo tempo e a fêmea apresenta uma única desovem toda a sua vida. Já os **sincrônicos em grupos** é aquele no qual dois ou mais agrupamento agrupamentos distintos existentes no ovário se desenvolve em ritmos diferentes e as desovas ocorrem em ciclos sazonais e o desenvolvimento ovocitário e **assincrônicos** é aquele possui ovócito em todos os estados de maturação dentro do ovário e apresenta desovas contínuas ao longo do ano (VAZZOLER, 1996).

Nos machos As espermatogônias resultantes das divisões mitóticas são progressivamente envoltas pelas células de Sertoli formando ninhos. Dentro dos ninhos dos machos, as gerações das espermatogônias indiferenciadas e diferenciadas dividem-se por mitose, formando um conjunto de células interconectadas, denominado de espermatocistos (GRIER, 1993).

Após um determinado número de ciclos mitóticos, ainda no interior dos ninhos, a última geração de espermatogônias diferenciadas entra em meiose e que na maioria dos peixes teleósteos, a meiose se completa no interior dos ninhos, bem como a diferenciação, porem existem peixes que são considerados semicísticos, onde os ninhos se abrem ao final da meiose e os espermatócitos são liberados no compartimento luminal do testículo, no qual a espermiogênese se completa (BROWN, GRIER e OVERSTREET, 2002).

1.2.3 Maturação gonadal

A maturação gonadal se caracteriza por apresentar sucessivas transformações anatômicas e fisiológicas no aparelho reprodutor passando por duas fases de desenvolvimento, sendo que a primeira compreende o crescimento das gônadas (testículos e ovários) e a segunda compreende a liberação de óvulos e espermatozoides para o meio externo (FONTELES FILHO, 2011).

A reprodução dos peixes é cíclico-sazonal, corresponde a um período de repouso intercalado por períodos de atividade sexual os quais finalizam com o surgimento de nova prole. No período de repouso, as gônadas estão com tamanho reduzido, contendo apenas células gametogênicas em fases iniciais de desenvolvimento (ANDRADE et al., 2015).

Geralmente se utilizam escalas macroscópicas de maturidade das gônadas, o que contribui para o conhecimento biológico na descrição dos fenômenos do ciclo reprodutivo dos peixes e auxilia na compreensão do período reprodutivo da espécie (OLIVEIRA et al., 2015).

Para compreensão da maturação gonadal, deve-se observar os indicadores de maturação das gônadas macroscopicamente e microscopicamente (GRASSIOTTO e WILDNER, 2013). Macroscopicamente os indicadores mais utilizados para estudo gonadal das fêmeas são: coloração, vascularização, volume ocupado na cavidade celomática, peso gonadal, membrana transparente e visibilidade dos óvulos em fêmeas (VAZZOLER, 1996) e para machos: coloração, o volume, formato dos testículos e consistência do esperma (ANDRADE, PEREIRA, *et al.*, 2006).

Através dos indicadores de maturação gonadal pode-se determinar em fêmeas podem variar entre as espécies podendo apresentar de 4 a 6 estádios de maturação que podem ser: Imaturo, Maturação inicial, Maturação final, Maduro, Esvaziado e (ARAÚJO et al., 2011). Existem espécies que podem apresentar 7 estádios de maturação, sendo estes: imaturo, em maturação inicial, em maturação final, maduro inicial, maduro intermediário, maduro final e esvaziado (SILVA, OLIVEIRA e CHELLAPPA, 2012).

Em estudos com agulha-preta (*Hemiramphus brasiliensis*) os ovários nos diversos estádio apresentaram-se da seguinte maneira, Imaturos: são pequenos, filiformes, translúcidos e sem vascularização. Maturação inicial: ocupam 1/3 da cavidade celomática com intensa vascularização. Maturação final: os ovários bem vascularizados com ovócitos visíveis a olho nu ocupam 2/3 da cavidade celomática, com aspecto túrgido e maior número de ovócitos grandes e visíveis a olho nu (OLIVEIRA, OLIVEIRA, et al., 2012). Maduro: Ovários túrgidos ocupando 2/3 da cavidade celomática, com maior número de ovócitos grandes visíveis a olho nu. Esvaziado: Ovários flácidos com um visível aspecto hemorrágico (ANDRADE, ANDRADE, et al., 2015).

A escala de maturação gonadal de machos pode variar entre as espécies podendo apresentar de 4 a 5 estádios de maturação sendo estes: Imaturo, Maturação inicial, Maturação avançada/Maduro, Espermiado e Repouso (GODINHO, 2007).

Em estudos com tilápias (*Oreochromis niloticus*) os estádios são descrito como segue, Imaturo: os testículos são filiformes e translúcidos. Maturação inicial: testículos desenvolvidos, com forma lobulada e com certa pressão sua membrana se rompe, eliminando esperma leitoso e viscoso. Maturação avançada/maduro: testículos túrgidos, esbranquiçados, e ocupam grande parte da cavidade celomática; com fraca pressão rompe-se sua membrana, fluindo esperma, menos viscoso que no estádio anterior. Espermiado: testículos flácidos, com aparência hemorrágica; a membrana não se rompe com pressão. Repouso: testículos reduzidos, filiformes e translúcidos (ANDRADE et al., 2015).

Contudo, fazem-se necessários estudos histológicos das gônadas para uma melhor identificação e confirmação dos estádios de desenvolvimento gonadal a partir das modificações das células germinativas, que pode apresentar em fêmeas até seis fases de desenvolvimento ovocitário, sendo estes: Fase I – células germinativas jovens (cromatina nucleolar), Fase II – ovócitos do estoque de reserva (perinucleolar), Fase III – ovócitos com vitelogênese lipídica (formação de vesículas vitelínicas), Fase IV – ovócitos com vitelogênese lipídica e protéica (vitelogênese), Fase V – ovócito com vitelogênese completa (maduro), Fase **VI hialinização** e Fase VII – Atresia (VAZZOLER, 1996).

Os ovócitos em **Fase I - células germinativas jovens (cromatina nucleolar)**: Estas células, as menores, aparecem com frequência, agrupadas, formando ninhos inseridos nas lamelas, sempre em regiões de boa irrigação. São células que apresentam o citoplasma constituído de uma pequena banda em torno do núcleo. Este por sua vez, é arredondado, basófilo, com uma cromatina, às vezes intensa espalhada em toda sua área, que apresenta aparência mais condensada nas regiões da periferia nuclear. Existe normalmente, um núcleo de posição bem central e bem definido. Estas células são aparecem com frequência significativa nos ovários virgens, esvaziados e em repouso (BERNARDES e DIAS, 2000).

Na **Fase II - ovócitos do estoque de reserva (perinucleolar)**: As células germinativas jovens desenvolvem-se, aumentando seu volume geral e, talvez devido a este fato, separam-se dos grupamentos em ninhos, destacando-se mais. Nesta fase, o citoplasma aparece bem definido e mais basófilo que na fase anterior. O núcleo apresenta sempre mais de um nucléolo e, à medida em que a célula vai aumentando de tamanho, estes tornam-se mais numerosos e volumosos, com forma arredondada e tamanhos variáveis e lentamente vão sofrendo uma migração para a periferia nuclear, onde adquirem finalmente formas alongadas. Pequenos pontos cromáticos aparecem espalhados no nucleoplasma (RADAEL, FOSSE, *et al.*, 2016).

Quanto à forma, de início estas células são arredondadas e, posteriormente, talvez devido a pressão de umas contra as outras, aparecem triangulares, retangulares ou ainda ovais. Os ovócitos desta fase de desenvolvimento são chamados de "estoque de reserva", pois deles irão originar-se as populações celulares que vão iniciar a vitelogênese. Estas células estão presentes constantemente em todos os estádios de maturidade (VAZZOLER, 1996).

Os ovócitos em **Fase III – ovócitos com vitelogênese lipídica (formação de vesículas vitelínicas)**: Ocorre a vitelogênese, processo celular caracterizado pelo citoplasma acumular substâncias de reserva para utilização futura na alimentação do embrião, caracteriza-se por ser uma fase de acelerado crescimento citoplasmático. O início deste processo é marcado pelo aparecimento, na periferia do citoplasma, que ainda é intensamente basófilo, de pequenos vacúolos, aparentemente vazios. O núcleo destas células também cresce mas não mesma proporção do citoplasma; os nucléolos, agora muito alongados e achatados, localizados na periferia do núcleo, nem sempre são bem identificados. As pequenas granulações cromáticas continuam espalhadas por todo o núcleo, principalmente na região central. Em alguns casos, o contorno do núcleo apresenta aspecto ondulado (RADAEL, FOSSE, *et al.*, 2016).

O epitélio folicular faz-se visível em torno deste ovócito, como uma camada de células planas, dispostas regularmente uma ao lado da outra, com núcleo de posição central, um único nucléolo e citoplasma basófilo. Em alguns casos, observa-se uma fina camada de substância

acidófila, amorfa, que começa a ser depositada entre as células foliculares e o ovócito. Os vacúolos citoplasmáticos aumentam rapidamente de número e tamanho, passando a ocupar quase todo o citoplasma com exceção de uma faixa em torno do núcleo onde ele permanece homogêneo e intensamente basófilo. Estas células são características dos ovários no início da maturação (BERNARDES e DIAS, 2000; SILVA, OLIVEIRA e CHELLAPPA, 2012).

Na **Fase IV: ovócitos com vitelogênese lipídica e protéica (vitelogênese)**: O aparecimento, no citoplasma, de pequenos grânulos, perfeitamente individualizados, de coloração rosada intensa, caracteriza o início desta fase. Formam-se, primeiro, na periferia do citoplasma misturada entre os vacúolos lipídicos, sendo, de início, muito pequenos e aumentando, posteriormente, de volume. O citoplasma, que continua crescendo, ainda mantém características principalmente basófilas, com uma faixa de citoplasma homogêneo, intensamente corado pela hematoxilina, em torno do núcleo, e outra, similar, mais estreita, na periferia do citoplasma (RADAEL, FOSSE, et al., 2016).

O núcleo desta célula continua mantendo as características apresentadas na fase anterior; apenas, seu contorno mostra-se um pouco mais irregular. As células foliculares crescem em altura e tornam-se mais evidentes. Entre o epitélio folicular e a membrana plasmática do ovócito, evidencia-se, agora, o espaço ocupado pela chamada membrana pelúcida, francamente acidófila aparecendo em baixa frequência nos ovários em maturação (VAZZOLER, 1996).

Na **Fase V- ovócito com vitelogênese completa (maduro)**: O ovócito aumenta rapidamente de tamanho em função do aumento acelerado do número de grânulos de vitelo acidófilo. Estes também aumentam de tamanho, em relação aos primeiros surgidos na fase anterior, mudando totalmente o aspecto do citoplasma ovular. A basofilia desaparece quase que totalmente. Os vacúolos lipídicos concentram-se por coalescência, migrando para a região perinuclear, comprimidos pelos grânulos vitelinos. O núcleo mantém suas características anteriores, com os nucléolos bem pequenos, nem sempre visíveis, colados na periferia nuclear, que continua com contornos muito irregulares (SILVA, OLIVEIRA e CHELLAPPA, 2012).

A membrana pelúcida espessa-se significativamente, mas não se pode observar nenhuma estrutura particular na sua constituição. As células foliculares, inicialmente volumosas, constituem uma paliçada regular, com as características citológicas descritas anteriormente, sendo que, ao final desta fase, começam a se apresentar novamente achatadas. Em alguns casos, é possível observar uma lâmina simples de tecido conjuntivo, que

acompanha externamente o epitélio folicular, denominada "teca folicular" e são freqüentes nos ovários em maturação avançada ou maduros (BERNARDES e DIAS, 2000).

Nos **ovócitos em Fase VI hialinização**: Processo caracterizado pela transformação de proteínas intra em material homogêneo, nesta fase, os ovócitos mostram-se muito modificados. Sua característica mais evidente é a hidratação sofrida pelo citoplasma, que faz com que todos os grânulos de vitelo apareçam maiores e sem individualidade, dando ao citoplasma um aspecto manchado róseo de diferentes intensidades, ao lado de outras manchas mais basófilas, principalmente na região central do citoplasma. Os vacúolos lipídicos, já concentrados na fase anterior, condensam-se numa única gota, a qual localiza-se inicialmente no centro, migrando, depois, para o pólo vegetativo da célula (RADAEL, FOSSE, et al., 2016).

O núcleo basófilo é ainda rodeado por uma pequena faixa de citoplasma, também basófilo, parece estar em vias de desintegração, mostrando contornos altamente irregulares; seu interior não apresenta estruturas definidas, a não ser uma grosseira trama granular, basófila, e algumas manchas acidófilas pequenas. Nesta etapa, o núcleo sofre uma migração para o pólo animal e é de difícil localização nos cortes histológicos (VAZZOLER, 1996).

Os contornos celulares apresentam-se muito irregulares, devido, seguramente, aos efeitos do processamento sobre células com grandes quantidades de água. As células foliculares aparecem muito aplanadas. As dimensões desses ovócitos são difíceis de estabelecer, devido a deformação dos contornos celulares. Entretanto, estes ovócitos com esse aspecto estão prontos para a desova (BERNARDES e DIAS, 2000).

Nos **ovócitos em Fase VII (atresia)**: Em alguns ovários, é comum serem observados ovócitos, em qualquer fase da vitelogênese, que, seja por não terem conseguido ovular, seja por outras razões fisiológicas, sofrem processos degenerativos e vão sendo desintegrados e reabsorvidos pelos tecidos do órgão. A primeira manifestação deste processo histológico é a perda de turgidez celular, devida, provavelmente, à perda de água (VAZZOLER, 1996).

Os grânulos de vitelo, quando presentes, perdem sua individualidade e constituem uma massa amorfa de substância acidófila. As células basófilas que ainda não possuíam vitelo apresentam, às vezes, o citoplasma com duas zonas, uma mais intensamente corada, de localização perinuclear e outra periférica, também basófila, mais ou menos intensa, com uma trama granular; o aspecto geral é de desintegração. Os núcleos destas células emitem prolongamentos no citoplasma e desintegram rapidamente. Os contornos celulares são irregulares, adquirindo, às vezes, formas caprichosas, até a célula desaparecer como tal (SILVA, OLIVEIRA e CHELLAPPA, 2012).

Em estudos com machos de tilápias (*Oreochromis niloticus*) microscopicamente, os testículos apresentam cistos com células da linhagem germinativas em diferentes fases de desenvolvimento, sendo observadas espermatogônias primárias e secundárias, assim como espermatócitos primários e espermátides; no lúmen dos túbulos seminíferos observa-se uma pequena quantidade de espermatozoides; e avançada/maduro: microscopicamente observam-se cistos de espermatócitos primários e de espermatogônias secundárias, e os lumens dos túbulos seminíferos carregados de espermatozóides; Espermiado: microscopicamente os túbulos seminíferos encontram-se com lúmen aberto, podendo conter espermatozoides residuais e parede composta somente de espermatogônias. Repouso: microscopicamente apresentam espermatogônias primárias isoladas e alguns cistos de espermatogônias secundárias e espermatócitos primários (ANDRADE et al., 2015).

Para os machos, a avaliação maturidade dos peixes é embasada nas alterações no epitélio germinativo associadas aos estágios das células germinativas permitem a definição de cinco estádios de maturação gonadal, sendo estes: imaturo, maturação inicial, maturação intermediária, maturação final e esvaziado (GRIER e TAYLOR, 1998).

Nos **testículos imaturos**: Neste estágio observam túbulos de diâmetro reduzido, constituídos por grupos isolados de células germinativas epitélio germinativo é constituído por células germinativas e células de Sertoli, apoiadas em uma membrana basal que reveste o compartimento germinativo e limita uma cavidade ou lúmen. As espermatogônias indiferenciadas, são observadas individualmente ao longo de toda a extensão dos túbulos ou formando agrupamentos espermatogoniais (ninhas), as demais células germinativas se desenvolvem dentro de cistos, formados por projeções citoplasmáticas das células de Sertoli (CHAGAS, NINHAUS e VERÍSSIMO, 2016).

Na **Maturação inicial**: Os testículos apresentam forma filiforme, pouca vascularização sanguínea e são translúcidos. O epitélio germinativo é contínuo podendo ser encontrado também espermatozoides residuais no lúmen tubular que nesta fase é bem reduzido. Os túbulos se encontram repletos de espermatocistos contendo células germinativas (espermatogônias, espermatócitos e espermátides), que se dividem ativamente no decorrer da espermatogênese. Os cistos de espermatócitos primários são os mais frequentes, assim como as espermatogônias indiferenciadas que podem ser encontradas isoladas ao longo dos túbulos ou formando agrupamentos espermatogoniais na periferia dos testículos e os cistos de espermátides são raramente observados (GRIER, 1981; GRIER e TAYLOR, 1998).

Na **Maturação intermediária**: Os testículos sofrem um aumento da vascularização sanguínea e até o final da fase atingirá o volume máximo observado para os testículos dessa

espécie. Os túbulos estão bem definidos e apresentam na porção periférica o início da descontinuidade no epitélio germinativo, principalmente na região próxima ao ducto testicular, que nesta fase se encontra repleto de espermatozoides. Na região central do testículo o epitélio germinativo se mantém contínuo com a presença de espermatocistos em diferentes estágios de desenvolvimento, espermatogônias indiferenciadas isoladas e alguns espermatozoides no lúmen tubular (CHAGAS, NINHAUS e VERÍSSIMO, 2016).

Na **Maturação final**: Os testículos apresentam diâmetro semelhante a fase anterior, pouco vascularização sanguínea e uma coloração esbranquiçada. É caracterizado por apresentar epitélio germinativo totalmente descontínuo, além de um lúmen repleto de espermatozoides. No início desta fase são encontrados escassos cistos de células germinativas e com o avanço do desenvolvimento gonadal a espermatogênese se torna mínima e a descontinuidade progride até ser observada em todo o testículo. O ducto testicular atua estocando um grande volume de espermatozoides (GRIER, 1981; GRIER e TAYLOR, 1998).

No **esvaziado** Esta fase é caracterizada por várias alterações na morfologia testicular; os testículos apresentam grande vascularização sanguínea, textura flácida e volume muito menor que na fase anterior. No início desta fase há uma grande proliferação mitótica de espermatogônias indiferenciadas ao longo do epitélio germinativo, originando novos cistos espermatogênicos. Os túbulos são irregulares e possuem escassos cistos de espermatócitos. Espermatozoides residuais estão presentes no lúmen, que nesta fase se encontra reduzido e praticamente ausente em algumas regiões do testículo; As células de Sertoli estão bem evidentes. Ao final desta fase há uma organização dos túbulos e o animal estará pronto para entrar em um novo ciclo reprodutivo, retornando a fase de Maturação inicial (GRIER, 1981; GRIER e TAYLOR, 1998; CHAGAS, NINHAUS e VERÍSSIMO, 2016).

1.2.4 Índice gonadossomático (IGS) e época de desova

O índice gonadossomático (IGS) é um dado auxiliar muito utilizado na determinação dos estádios do ciclo reprodutivo de peixes, devido à maturação das células reprodutivas ocorrer ao mesmo tempo com o aumento do peso das gônadas (FELIZARDO, MURGAS, *et al.*, 2011). As gônadas, ao amadurecer, passam por profundas modificações, podendo caracterizar fases durante o seu desenvolvimento. As gônadas em fases finais de seu desenvolvimento se verificam um marcante aumento no volume e, conseqüentemente, no peso

dos ovários, assim o índice gonadossomático, pode ser considerado um indicador quantitativo para avaliar o período de reprodução da espécie (VAZZOLER, 1996).

Assim como a maioria das espécies de peixes, mostra uma periodicidade em seu processo reprodutivo, iniciando seu desenvolvimento gonadal em uma época anterior àquela de reprodução e complementando sua maturação gonadal no momento em que as condições ambientais são adequadas à fecundação e ao desenvolvimento reprodutivo (ESPER e MENEZES, 2000).

1.2.5 Proporção sexual e maturação sexual

A proporção sexual em peixes varia ao longo do ciclo de vida em função dos eventos sucessivos, que atuam de modo distintos sobre o indivíduo de cada sexo. A mortalidade e o crescimento são fatores que podem de modo diferencial sobre machos e fêmeas em diferentes fases de desenvolvimento. Em muitos casos observa-se para a população como um todo, uma proporção 1:1 mas em estudos mais aprofundados pode ocorrer predomínio de fêmeas nas classes de comprimento (VAZZOLER, 1996).

A maturação sexual é caracterizada por viabilizar a união de gametas masculinos e femininos quando estão totalmente maduros. Nesse contexto existe a diferenciação entre maturidade fisiológica e maturidade funcional. A maturidade fisiológica é caracterizada pela capacidade de produzir gametas maduro e maturidade funcional se dá pela capacidade de fertilização em fêmeas (FONTELES FILHO, 2011).

1.2.6 Fecundidade e tipo de desova

Fecundidade (absoluta) é o número de ovócitos que uma fêmea irá desovar no próximo período reprodutivo. A fecundidade relativa leva em consideração o peso corporal ou o comprimento da fêmea (isto é, o número de ovócitos/unidade de peso corporal ou número de ovócitos/unidade de comprimento) (VAZZOLER, 1996).

O tipo de desova é o modo como os espécimes liberam os ovócitos maduros em um período reprodutivo, determinado pela a frequência das desovas dentro do período de reprodução, sendo avaliado através da medição do diâmetro dos ovócitos (em μm) e através da análise histológico do desenvolvimento dos ovócitos (GODINHO, 2007).

1.2.7 Fator de condição (K)

O Bem estar é um termo amplo que inclui uma somatória de elementos que contribuem para a qualidade de vida do animal, levando-o a um bom estado de harmonia com o seu ambiente, caracterizado por condições físicas e fisiológicas adequadas (PINHEIRO e BRITO, 2009). O fator de condição é caracterizado como um indicador do grau de bem estar de um indivíduo, sendo possível relacioná-lo às condições ambientais e aos aspectos comportamentais das espécies (VAZZOLER, 1996), sendo este um índice bastante utilizado no estudo da biologia de peixes, pois fornece importantes informações sobre o estado fisiológico desses animais, a partir do pressuposto de que indivíduos com maior massa em um dado comprimento estão em melhor condição, avaliando-se através do Fator de Condição (LIMA JUNIOR e GOITEIN, 2006). Esse fator permite não só relacionar, mas identificar o investimento de energia para crescimento ou reprodução como um fenômeno cíclico em populações naturais, e através do coeficiente alométrico se mostra eventuais mudanças na forma ao longo do desenvolvimento ontogenético (SATAKE, ISHIKAWA, *et al.*, 2009).

REFERÊNCIAS

- ABRUNHOSA, F. **Carcinicultura**. 1ª. ed. PARÁ: IFPA, v. I, 2011.
- AIRESL, E. D.; STEFANINI, M. A.; ORSP, A. M. Características ultra-estruturais e diferenciativas das espermatídes de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) durante a espermiogênese. **Braz. J. veto Res. animo Sei.**, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 183-188, Abril 2000.
- ALVES, M. I. M.; TOMÉ, G. D. S. Alguns aspéctos do desenvolvimento maturativodas gônadas da cavala, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829). **Arquivos Ciências do Mar**, Ceará, v. I, n. 7, p. 1-9, Junho 1967.
- ANDRADE, D. R. D. et al. Acompanhamento de um ciclo reprodutivo anual em machos de piau-vermelho (*Leporinus copelandii*, PISCES, ANOSTOMIDAE) em ambiente natural. **Ceres**, v. 305, n. 53, p. 45-53, 2006.
- ANDRADE, E. D. S. et al. Biologia reprodutiva de peixes de água doce. **Revista brasileira de reprodução animal**, Belo Horizonte, v. 39, n. 1, p. 195-201, jan./mar 2015.
- ARAÚJO, C. C. . M. N. F. A. W. R. L. P. Fator de condição e relação peso-comprimento de *Mugil curema* Valenciennes, 1836 (Pisces, Mugilidae) como indicadores de estresse ambiental. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade** , v. 4, p. 51-64., 2011.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: UFSM, 2002.
- BARROS, N. H. C. et al. Biologia reprodutiva do peixe mussum, *Synbranchus marmoratus* Bloch, 1975 no açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazonia**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 39-47, Março 2013.
- BARROS, N. H. C. et al. Estudos sobre as táticas e as estratégias reprodutivas de sete espécies de peixes de água doce do rio grande de norte, Brasil. **HOLOS**, v. 32, n. 3, p. 84-103, abril 2016.
- BERNARDES, R. Á.; DIAS, J. F. Aspectos da reprodução do peixe-porco, *Balistes capriscus* (Gmelin) (Actinopterygii, Tetraodontiformes, Balistidae) coletado na costa sul do Estado de São Paulo, Brasil. **Revta bras. Zool**, v. 17, n. 3, p. 687 - 696, 2000.
- BRASIL. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010**. Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília, p. 129. 2012.
- BROWN, P.; GRIER, H.; OVERSTREET, R. Annual changes in germinal epithelium determine male reproductive classes of the cobia. **Fish Biol**, v. 60, p. p.178-202, 2002.

CAMPOS, R. O.; ANDRADE, H. A. Uma metodologia para estimativa de captura por área de pesca a partir de dados pouco Informativos: o caso da pescaria de bonito Listrado (*Katsuwonus pelamis*) na costa do Brasil. **NOTAS TEC. FACIMAR**, Itajaí-SC, n. 2, p. 61-69, 1998.

CARVALHO, M. F. et al. Cadeia de comercialização de tunídeos no Estado de Sergipe, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, Sergipe, v. 1, n. 3, p. 1-12, Outubro 2015. ISSN 2357-8068.

CHAGAS, J. M. A.; NINHAUS, A. S.; VERÍSSIMO, R. S. Ciclo testicular de *Devario aequipinnatus* (TELEOSTEI, CYPRINIDAE): um potencial modelo biológico em experimentação animal. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 765-779, Dezembro 2016.

COLLETTE, B. B. A. C. E. N. **FAO species catalogue: scombrids of the world**. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, v. 2, 1983.

COSTA, A. M. Análise histológica de gónadas de carapau (*Trachurus trachurus*, Linnaeus 1758): morfogénese e escala de maturação microscópica. **Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digital 1**, Lisboa, v. 17, n. 1, p. 1-19, Julho 2004.

DIAS, M. **Guia de identificação de atuns do atlântico**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura do desenvolvimento rural e pesca, 2008.

EIRAS, D. R. D. B.; PINOTI, R. Anomalia em gónadas de parati *Mugil curema* Valenciennes, 1836. (PISCES - MIGILIDAE). **Revista Nerítica**, Pontal do Sul - PR, v. 1, n. 1, p. 155-158, Outubro 1986.

ESPER, M. D. L. P.; MENEZES, M. S. D. Escala de desenvolvimento gonadal e tamanho de primeira maturação de fêmeas de *Mugil platanus* Günther, 1880 da Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Acta Biol**, p. 9, 2000.

FELIZARDO, V. D. O. et al. Fator de condição relacionado a aspectos reprodutivos da piapara (*Leporinus obtusidens*) (Characiformes: Anostomidae) Coletadas a jusante da usina hidrelétrica do funil, Minas Gerais, Brasil. **Ci. Anim. Bras**, Goiânia, v. 12, n. 3, p. 471-477, jul./set 2011.

FISHBASE. *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). ***Katsuwonus pelamis*, Gaiado: pesca, peixe esportivo**, 24 fev. 2016. Disponível em: <<http://www.fishbase.se/summary/Katsuwonuspelamis>>. Acesso em: 03 set. 2016.

FONTELES FILHO, A. A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. 1. ed. Fortaleza - CE: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

FRANÇA, G.; HJ, G.; GRASSIOTTO, Q. A new vision of the origin and the oocyte development in the Ostariophysi applied to *Gymnotus* sp. (Teleostei: Gymnotyformes). **Neotrop Ichthyo**, v. 8, p. 787-804, 2010.

GODINHO, H. P. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o. **Revista brasileira de Reprodução animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 351-360, jul./set 2007.

GRASSIOTTO, Q.; ISHIBA, D. D. W. R. Gametogênese de peixes: aspectos relevantes para o manejo reprodutivo. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 181-191, abr./jun. 2013.

GRIER, H. J. Cellular Organization of the Testis and Spermatogenesis in Fishes. **American Society of Zoologists**, Florida, v. 21, n. 1, p. 345-357, December 1981.

GRIER, H. J. Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cell barrier. In: RUSSELL, L. D. & G. M. D. **The Sertoli cell**. London: Elsevier Academic Press, 1993. p. 704-739.

GRIER, J. H.; TAYLOR, R. G. Testicular maturation and regression in the common snook. **Journal of Fish Biology**, v. 53, n. 1, p. 521-542, 1998.

HAZIM, F. H. V. **Grandes peixes pelágicos no nordeste (Atuns, agulhões e tubarões)**. 1. ed. Rio Grande: MMA - REVIZEE, 2008.

ICCAT. **Boletín Estadístico**. FAO. Roma, p. 40. 2011.

KAGAWA, H. Oogenesis in Teleost Fish. **Aqua-BioScience Monographs**, Tokyo, v. VI, n. 4, p. 99-127, 2013.

LESSA, R.; NÓBREGA, M. F. D. **Guia de identificação de peixes marinhos da região nordeste**. Recife (PE): DIMAR, 2000.

LIMA JUNIOR, S. E.; GOITEIN, R. Fator de condição e ciclo gonadal de fêmeas de *Pimelodus maculatus* (osteichthyes, pimelodidae) no rio piracicaba (SP, Brasil). **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 1, n. 32, p. 87-94, 2006.

LIMA, J. T. A. X. D.; FONTELES FILHO, A. A.; CHELLAPPA, S. Biologia reprodutiva da serra, *Scomberomorus brasiliensis* (osteichthyes: scombridae), em águas costeiras do Rio Grande do Norte. **Arquivos Ciências do Mar**, Fortaleza - CE, v. 40, n. 1, p. 14, Julho 2007. ISSN ISSN 0374 -5686.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) por meio da análise macroscópica como uma proposta para unificação destes conceitos e sua aplicação prática nas reservas Mamirauá e Amanã. **UAKARI**, v. 5, n. 1, p. 39-48, jun 2009.

MENDIZABAL, M. G. The reproductive biology, condition and feeding ecology of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. **Availability**, Apirilaren, v. II, October 2013. ISSN WPTT15-INF09.

OLIVEIRA, I. M. B. D. et al. Biologia reprodutiva de agulha-preta, *Hemiramphus brasiliensis* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes: Hemiramphidae) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônica**, Macapá, v. II, n. 1, p. 44-53, 2012. ISSN ISBN.

OLIVEIRA, M. R. et al. Estratégias reprodutivas de sete espécies de peixes das águas costeiras do rio grande do norte, Brasil. **HOLOS**, v. 6, n. 31, p. 107-122, 2015. ISSN 1807-1600.

PINHEIRO, A. A.; BRITO, I. F. D. Bem-estar e Produção Animal. **Embrapa**, Sobral, CE, v. 2, n. 1, p. 9-27, 2009.

RADAEL, M. C. et al. Descrição morfológica dos ovários do peixe *Melanotaenia boesemani* em atividade reprodutiva. **Pesq. Vet. Bras**, Espírito Santo, v. 36, p. 893-900, setembro 2016.

SADLER, T. W. . J. W. S. **Langman**: Embriología médica con orientación clínica. 1ª. ed. São Paulo: GUANABARA, v. 1, 2007.

SATAKE, F. et al. Relação peso-comprimento, fator de condição e parâmetros hematológicos de dourado *Salminus brasiliensis* cultivado em condições experimentais /. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuaria Oeste**, Dourados, MS, v. 1, n. 51, p. 22 , out. 2009.

SILVA, A. D. M.; OLIVEIRA, M. R. D.; CHELLAPPA, S. Biologia reprodutiva do coró, *Pomadasys corvinaeformis* Steindachner (Osteichthyes: Haemulidae) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil.. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 2, p. 15-24, Julho 2012. ISSN 2179-5746.

SILVA, A. F. D.; MEDEIROS, T. H. L. D.; SILVA, V. P. D. **Pesca artesanal – conflito, cultura e identidade: O caso potiguar**. UFRN. Natal, p. 10. 2006.

SILVA, A. O. Á. D.; SANTOS, A. M. V. D. Análise das capturas de atuns e afins pelos métodos de vara e isca viva e corrico realizadas pelo n/pq malacostraca de 1980 a 1991. **Boletim do Instituto de Pesca**, , (2): , , São Paulo, v. 26, n. 2, p. 211-221, out. 2000.

SILVA, F. D. A.; BAZZOLI, N. **Morfologia comparativa da estrutura gonadal de seis espécies de peixes Anostomidae neotropicais**. UCMG. Belo Horizonte, p. 27. 2011.

SILVA, J. P. D.; PAIVA FILHO, A. M.; REIS, N. S. D. Caracterização macro- e microscópica dos ovários do bagre amarelo *Cathoropsspixii* (Agassiz, 1829), durante o ciclo reprodutivo. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 46, n. 2, p. 171-185, Novembro 1998. ISSN 2358-2928.

SOUZA, J. U. C. D. **Análises preliminares sobre a pesca com isca viva de bonito listrado (Katsuwonus pelamis)**. Ministério da Agricultura superintendência do desenvolvimento da pesca. Rio de Janeiro: UDEPE. 2004. p. 100.

SPILMAN, M. **Peixes marinho do Brasil**: guia prático de identificação. 1. ed. Rio de Janeiro: MAUAD, v. 1, 2000. 239 p.

TAVARES-DIAS, M. E. A. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz , 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 12, n. 1, p. 59–65, 2010.

VAZZOLER, A. E. A. D. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá - PR, 1996.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar a estratégia reprodutiva com o fator de condição e a morfologia das gônadas de *Katsuwonus pelamis*.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a estratégia reprodutiva com o fator de condição de *Katsuwonus pelamis* no Semiárido (ARTIGO I);
- Caracterizar a estrutura morfológica e o desenvolvimento ovariano de *Katsuwonus pelamis* (ARTIGO II);
- Caracterizar a estrutura morfológica e o desenvolvimento testicular de *Katsuwonus pelamis* (ARTIGO III).

CAPÍTULO I

ESTRATÉGIA REPRODUTIVA E O FATOR DE CONDIÇÃO DE *Katsuwonus pelamis* NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

Trabalho será submetido à revista:

JOURNAL OF SEA RESEARCH

Página eletrônica:

https://www.journals.elsevier.com/journal-of-sea-research/?start_rank=21&producttype=journals&sortby=sortByDateDesc&q=fish

ISSN: 1385-1101

ESTRATÉGIA REPRODUTIVA E O FATOR DE CONDIÇÃO DE *Katsuwonus pelamis* NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

José Ticiano Arruda Ximenes de Lima¹*; Erivaldo Laurindo Gomes²; Naibe Cristina de Figueiredo²; Claudio Giovanio da Silva⁴; Maria Daniana Felix de Freitas³;

¹ Docente Doutor. Departamento de Ciências Animais – DCAn. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). *Correspondência: Avenida Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. Mossoró/RN. CEP: 59.625-900. E-mail: ticiano.ximenes@ufersa.edu.br

² Biólogos, discentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN.

³ Engenheira de pesca, discentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN.

⁴ Graduando em engenharia de pesca. Departamento de Ciências Animais – DCAn. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

RESUMO

A espécie *Katsuwonus pelamis* popularmente conhecido por bonito listrado, gaiado e bonito da barriga listrada habita preferencialmente mares tropicais e temperados entre os paralelos 35°N e 35°S, estando apenas ausente no Mediterrâneo oriental e no Mar Negro. Este trabalho estudou a estratégia reprodutiva e o fator de condição de *K. pelamis* na região Sudoeste do Oceano Atlântico com latitude 04° 57' 22" S e longitude 37° 08' 13" W durante o período de dezembro de 2015 a novembro de 2016. Foram adquiridos 100 exemplares *K. Pelamis* com pescadores da região costeira do RN e determinada às táticas na estratégia reprodutiva de *K. pelamis*. os machos são maiores em comprimento, peso e em número; a população amostrada possui crescimento do tipo alométrico positivo; o ciclo reprodutivo foi composto de quatro estádios macroscópicos de desenvolvimento gonadal (imaturo, em maturação, maduro e esvaziado), porém os imaturos não ocorreram na costa marítima. A maturação fisiológica nas fêmeas ocorreu com 393mm e dos machos com 420mm. Em maturação funcional, os machos foram capazes de fertilizar com 430mm e as fêmeas desovarem com 410 mm. A fecundidade absoluta apresentou média de 1.132.425 ovócitos. A desova assincrônica e o período reprodutivo ocorreram durante todo o ano com picos para fêmeas e para machos nos meses de Fevereiro e Agosto à Novembro respectivamente e nesse período o IGS teve seus maiores valores. A melhor condição de bem estar de *K. Pelamis* se deu nos meses de Fevereiro e Agosto à Novembro. Através do estudo das táticas reprodutivas e fator de condição de *K. pelamis* se verificou que estes peixes são estrategistas intermitentes, ou seja, reproduzem durante todo o ano, por reunir um conjunto de características desenvolvidas para ter sucesso na reprodução.

Palavras-chave: Reprodução de peixes, Táticas reprodutivas, Bem estar, Bonito listrado

REPRODUCTIVE STRATEGY AND THE CONDITION FACTOR OF *Katsuwonus pelamis* IN THE SEMI-ARID OF BRAZIL

José Ticiano Arruda Ximenes de Lima^{1*}; *Erivaldo Laurindo Gomes*²; *Naibe Cristina de Figueiredo*²; *Claudio Giovanio da Silva*⁴; *Maria Daniana Felix de Freitas*³;

¹ Doctor. Departamento de Ciências Animais – DCAn (Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). *Mail: Avenida Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. Mossoró/RN. CEP: 59.625-900. E-mail: ticiano.ximenes@ufrsa.edu.br

² Biologists, students of the Graduate Program in Animal Production. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). Mossoró-RN (Rio Grande do Norte State).

³ Graduating in Fishing Engineering. Departamento de Ciências Animais – DCAn (Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA (Federal Rural University of the Semi-Arid).

ABSTRACT

The *Katsuwonus pelamis* species popularly known as skipjack tuna inhabits preferavly tropical and temperate seas between the parallels 35°N and 35°S, being only absent in the Eastern Mediterranean and in the Black Sea. This work studied the reproductive strategy and the condition factor of *K. pelamis* in the Sudoeste (Southwest) region in the Atlantic Ocean with latitude 04° 57' 22" S and longitude 37° 08' 13" W during the period from December 2015 to November 2016. 100 samples *K. Pelamis* were acquired with fishermen of the coast region of the Rio Grande do Norte State and determined the tactics in the reproductive strategy of *K. pelamis* the males are larger in length, weight and in number; the sample population has growth of the positive allometric type growth; the reproductive cycle was composed of four macroscopic stadiums of gonadal (immature, in maturation, mature and emptied) development, but the immature do not occur on the sea coast. The physiological maturation in the females occurred with 393mm and of the males with 420mm. In functional maturation, the males were able to fertilize with 430mm and the females spawned with 410 mm. The absolute fertility presented average of 1,132,425 oocytes. The asynchronous spawning and the reproductive period occurred during the year with peaks for females and males in the months from February and August to November respectively and in that period the IGS had its larger values. The best condition of well-being of *K. Pelamis* happened in the months from February and August to November. Through the study of the reproductive tactics and condition factor of *K. pelamis* was verified that these fish are verificou que estes peixes são intermittent strategists, that is, they reproduce during year, by gathering a set of characteristics developed to have success in reproduction.

Keywords: Reproduction of fish, Reproductive tactics, Welfare, Skipjack tuna

1. INTRODUÇÃO

Os peixes apresentam diferentes estratégias reprodutivas para maximizar sua produção e garantir a sobrevivência dos descendentes até a idade adulta (OLIVEIRA et al., 2015), tais como, tamanho corporal, relação peso-comprimento, proporção sexual, tamanho da primeira maturação sexual, desenvolvimento das gônadas, fecundidade, índice gonadosomático (IGS), tipo e época de desova dos peixes, que são informações importantes para tomada de ações racionais para a regulamentação da pesca e conservação dos estoques pesqueiros, e o bem estar é um reflexo do fator de condição em peixes (BARROS, et al., 2016).

Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) conhecido popularmente como bonito listrado possui o corpo fusiforme, com coloração azul arroxeadado no dorso e cor prateada no flanco, apresenta de 4 a 6 faixas longitudinais escuras no flanco, desprovidos de escamas com exceção da nadadeira peitoral e bexiga natatória ausente (DIAS, 2008). Habitam preferencialmente mares tropicais e temperados entre os paralelos 35°N e 35°S, estando apenas ausente no Mediterrâneo oriental e no Mar Negro (SPILMAN, 2000).

O fator de condição é um índice bastante utilizado no estudo da biologia de pesqueira, pois fornece importantes informações sobre bem estar, pois a partir do pressuposto de que indivíduos com maior massa em um dado comprimento estão em melhor condição (TAVARES-DIAS et al., 2010; ARAÚJO, 2011). O presente trabalho objetivou a determinação da estratégia reprodutiva e o fator de condição de *Katsuwonus pelamis* na região costeira do semiárido no Sudoeste Atlântico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

1.3 Aquisição, área de estudo e biometria dos peixes

Os peixes foram captados por pescadores com a utilização de isca e vara em barcos artesanais a 330,70 milhas da costa no semiárido do Sudoeste Atlântico, com latitude 04° 57' 22" S e longitude 37° 08' 13" W. Foram adquiridos mensalmente um número máximo de 10 exemplares frescos do peixe em estudo independente de sexo e tamanho. Os peixes foram armazenados em sacos plásticos individuais e refrigerados em uma caixa térmica com gelo para transporte até o laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA – LASA.

Os peixes foram pesados em uma balança de precisão e o peso foi registrado em (g), em seguida foram protocolados com número no laboratório e as medidas morfométricas foram

retirados com ictiômetro em milímetros (Ver tabela 1) e contado os caracteres merísticos (Ver tabela 2) (GURGEL et al., 2014) objetivaram a confirmação taxonômica da espécie em estudo (GURGEL et al., 2014), confirmada com auxílio de chaves de identificação (CARPENTER, 2001). As medidas morfométricas foram:

Medidas Morfométricas	Legenda
Comprimento furcal	(LF)
Comprimento zoológico	(LZ)
Comprimento padrão	(LS)
Comprimento da cabeça	(LL)
Comprimento do focinho	(LO)
Comprimento da mandíbula	(LM)
Abertura inter-mandibular	(AIM)
Diâmetro horizontal do olho	(OO)
Espaço inter-orbital	(EIO)
Altura máxima do corpo	(H)
Comprimento pré-dorsal	(LD)
Comprimento pré-peitoral	(LP)
Comprimento pré-ventral	(LV)
Comprimento pré-anal	(LA)
Distância ventral caudal	(VC)
Distância ventral anal	(VA)
Base da nadadeira dorsal	(DD)
Maior acúleo da nadadeira dorsal	(AD)
Base da nadadeira peitoral	(PP')
Comprimento da nadadeira peitoral	(CP)
Base da nadadeira ventral	(VV')
Comprimento da nadadeira ventral	(CV)
Base da nadadeira anal	(AA')
Comprimento da nadadeira anal	(CA)

Tabela 1. Medidas morfométricas

Medidas Merísticas	Legenda
Lepdotríquios dorsais duros	(LDD)
Lepdotríquios dorsais moles	(LDM)
Lepdotríquios peitorais duros	(LPD)
Lepdotríquios peitorais moles	(LPM)
Lepdotríquios ventrais duros	(LVD)
Lepdotríquios ventrais moles	(LVM)
Lepdotríquios anais duros	(LAD)
Pínulas dorsais	(PD)
Pínulas ventrais	(PV)
Quilhas dérmicas	(QD)

Tabela 2. Valores merísticas.

As medidas morfométricas e merísticas dos machos e fêmeas da população amostrada foram submetidas ao teste *t-Student* para verificar o grau de significância e se as diferenças foram significativas a 5% (LIMA, FONTELES-FILHO e CHELLAPPA, 2007).

2.1 Tamanho Corporal

O tamanho dos peixes foi analisado por meio de relação peso-comprimento, que utilizou os dados da biometria para calcular a expressão matemática da relação peso/comprimento representada pela fórmula $W=a.L^b$, onde W é o peso total; L é o comprimento furcal em milímetro; “ a ” é o coeficiente linear e “ b ” o coeficiente angular da forma aritmética da relação peso-comprimento (ARAÚJO, FLYNN e PEREIRA, 2011). Para avaliação estatística da relação peso-comprimento da espécie (machos e fêmeas) as constantes (a e b) foram estimadas pela regressão linear da equação transformada: $W=\log a + b \times \log$. O nível de significância de coeficiente de regressão (r) foi estimado e o valor de b testado através do teste *t-Student* para verificar o grau de significância e se as diferenças foram significativas nos coeficientes angular de machos e fêmeas.

Para análise do tipo de crescimento no tamanho corporal se utiliza o coeficiente angular ($b=3$ crescimento isométrico; $b<3$ alométrico negativo; $b>3$ alométrico positivo) (ARAÚJO, FLYNN e PEREIRA, 2011).

2.2 Proporção Sexual

A proporção sexual para machos e para fêmeas (M:F) foi calculada em relação ao número total de machos / número total de fêmeas (VAZZOLER, 1996).O teste do qui-

quadrado (X^2) foi aplicado com o propósito de testar as possíveis diferenças na proporção sexual estabelecida.

2.3 Desenvolvimento das Gônadas

Para a análise das gônadas dos peixes foi realizada uma incisão na abertura urogenital percorrendo o encontro das musculaturas (linha alba) da região ventral até a região anterior da cabeça no limite da cavidade celomática; a gônada foi exposta e possibilitou a identificação do sexo através da inspeção visual e suas características sexuais primárias foram identificadas, ovários e testículos (VAZZOLER, 1996).

Para descrever a morfologia macroscópica as gônadas, foram retiradas, pesadas, medidas e observadas quanto seus aspectos macroscópicos incluindo formato gonadal, coloração, grau de vascularização, volume, peso, transparência da membrana, visibilidade dos óvulos e presença do conteúdo espermático (SILVA, OLIVEIRA e CHELLAPPA, 2012).

2.4 Índice Gonadossomático (IGS) e Época de Desova

O índice gonadossomático foi determinado seguindo a metodologia de Gomes et al (1999), onde foi realizada a relação percentual entre o peso das gônadas e o peso do corpo do peixe menos o peso das gônadas do peixe; dado pela relação: $IGS = (Wg / Wc) \times 100$, onde: Wg é peso das gônadas (em g); Wc é peso do corpo menos o peso das gônadas (em g). O período de desova foi determinado através estádios mensais de maturação (VAZZOLER, 1996).

2.5 Maturação Sexual

A determinação da maturação sexual da espécie foi realizada pela distribuição da frequência relativa de machos e fêmeas adultos em classes de comprimento furcal, e a maturação funcional foi pelas características morfométricas e estágio de maturação gonadal (FONTELES FILHO, 2011).

2.6 Fecundidade

Para a determinação da fecundidade (potencial reprodutivo), os ovócitos dos ovários maduros foram dissociados através da solução de Gilson para esta finalidade, e extraída

subamostras de 0,1 grama (três réplicas) para contagem proporcional dos ovócitos utilizando placas de Bogorov e um estéreo-microscópio com ocular micrométrica (OLIVEIRA et al., 2012). A fecundidade total foi estimada por regra de três para o peso total dos ovócitos nas gônadas. **Fecundidade = Nof x Wto/Wfo**, onde: Nof é número de ovócitos maduros no fragmento do ovário. Wt o é peso total de ovário. Wf o é peso do fragmento do ovário (VAZZOLER, 1996).

2.7 Fator de Condição (K e K')

O fator de condição foi calculado por meio da expressão matemática $K = W_t/L_f^b$ e $K' = W_c/L_f^b$, onde o K se refere ao fator de condição, W_t é o peso total, W_c é o peso do corpo sem as gônadas, L_f é o comprimento furcal e b é coeficiente angular da relação peso/comprimento. A análise foi feita por meio de expressão gráfica contendo as médias dos valores mensais grupados (machos e fêmeas), tendo como referência para determinar o bem-estar fisiológico à amplitude dos picos da espécie amostrada (CREN, 1951).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Tamanho Corporal

De acordo com os resultados obtidos a espécie *Katsuwonus pelamis* apresentou ocorrência irregular durante o período de coleta com duração de Dezembro de 2015 a Novembro de 2016 com análise de 100 exemplares.

A caracterização morfométrica e merística de *K. pelamis* no estudo demonstrou valores merísticos tendo a mesma variação entre os sexos, sem diferença significativa ($p > 0,05$), os valores morfométricos e merísticos são encontrados (Ver Tabela 3 e 4), demonstram que os machos são maiores e mais pesados quando comparado com as fêmeas.

Nascimento et al. (2012) sugeriram que isto provavelmente acontece devido a um maior gasto de energia pelas fêmeas durante o processo reprodutivo, enquanto os machos investem maior parte em crescimento.

MORFOMETRIA	Valor mínimo		Valor máximo		Valor médio \pm Desvio Padrão	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Peso total (Wt)	940,8	1767,0	5.330	10.100,0	2819,9 \pm 1019,9	36,25,8 \pm 1767,7
Comprimento furcal (LF)	423	450	700	800	530 \pm 66	581 \pm 81
Comprimento padrão (LS)	365	430	600	720	471 \pm 60	518 \pm 69
Comprimento da cabeça (LL)	100	135	220	250	150 \pm 27	163 \pm 23
Comprimento do focinho (LO)	3,59	3,3	5,94	5,9	4,5 \pm 12	4,3 \pm 0,6
Comprimento da mandíbula (LM)	4,7	4,7	7,9	8,3	6,00 \pm 5,4	6,0 \pm 0,8
Abertura inter-mandibular (AIM)	2,3	2,6	3,9	4,7	3,00 \pm 2,71	3,4 \pm 0,4
Diâmetro horizontal do olho (OO)	15	20	30	30	21 \pm 3,9	24 \pm 3,9
Espaço inter-orbital (EIO)	0,39	0,3	0,66	0,5	0,50 \pm 0,45	0,43 \pm 0,5
Altura máxima do corpo (H)	95	110	160	220	129 \pm 20	146 \pm 26
Comprimento pré-dorsal (LD)	14,7	16,1	24,4	28,6	18,51 \pm 16,7	20,8 \pm 2,9
Comprimento pré-peitoral (LP)	12,3	13,4	20,4	23,8	15,5 \pm 14,0	17,3 \pm 2,4
Comprimento pré-ventral (LV)	13,5	18,8	22,4	33,4	17,0 \pm 15,3	24,3 \pm 3,4
Comprimento pré-anal (LA)	27,9	30,2	46,2	53,7	35,0 \pm 4,4	39,0 \pm 5,5
Distância ventral caudal (VC)	29,5	32,9	48,8	58,5	37,0 \pm 4,6	42,5 \pm 5,9
Distância ventral anal (VA)	14,3	14,1	23,7	25,0	18,0 \pm 2,2	18,2 \pm 2,5
Base da nadadeira dorsal (DD)	3,6	2,8	6,5	3,6	4,7 \pm 0,6	4,7 \pm 0,6
Maior acúleo da nadadeira dorsal (AD)	3,1	3,6	5,2	6,5	4,0 \pm 0,5	4,7 \pm 0,6
Base da nadadeira peitoral (PP')	1,5	2,0	2,6	3,5	2,0 \pm 0,25	2,5 \pm 0,4
Comprimento da nadadeira peitoral (CP)	5,9	6,0	9,9	10,7	7,5 \pm 0,9	7,8 \pm 1,1
Base da nadadeira ventral (VV')	1,5	2,6	2,6	4,7	2,0 \pm 0,2	3,4 \pm 0,4
Comprimento da nadadeira ventral (CV)	4,3	4,7	7,2	8,3	5,5 \pm 0,6	6,0 \pm 0,8
Base da nadadeira anal (AA')	2,7	2,0	4,4	3,5	3,4 \pm 0,4	2,6 \pm 2,6
Comprimento da nadadeira anal (CA).	3,1	3,3	5,2	5,9	4,0 \pm 0,5	4,3 \pm 0,6

Tabela 3. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrão das estruturas morfométricas da população de machos e fêmeas de *Katsuwonus pelamis*.

CARACTERIZAÇÃO MERÍSTICA	Valor mínimo		Valor máximo		Valor médio \pm Desvio Padrão	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1º Lepidotríquios dorsais	14	14	17	17	16 \pm 0,7	16 \pm 0,7
2º Lepidotríquios dorsais	12	12	14	14	12 \pm 0,5	12 \pm 0,5
Lepidotríquios peitorais	24	25	27	27	24 \pm 0,8	25 \pm 1,3
Lepidotríquios ventrais	9	9	12	12	10 \pm 0,6	10 \pm 0,6
Lepidotríquios anais	13	13	16	17	13 \pm 1	14 \pm 0,8
Pínulas dorsais	7	7	14	14	9 \pm 2,2	9 \pm 2,2
Pínulas anais	7	7	8	8	7 \pm 0,4	7 \pm 0,4
Quilhas dérmicas	3	3	3	3	3 \pm 0	3 \pm 0

Tabela 4. Valores mínimos, máximos, médios e desvios padrão das estruturas merísticas da população de machos e fêmeas de *Katsuwonus pelamis*.

Menezes et al. (2010) estudando o bonito listradono Sul do Brasil, obteve um Comprimento furcal mínimo e máximo de 401 – 856 mm e Peso total de 1.000 – 11.300 g. Meneses de Lima et al. (2000) no sudoeste do Brasil, apresentou amplitude de 310 – 900mm. Portanto, os valores de amplitude de comprimento de bonito listrado da região Sul e Sudoeste do Brasil são superiores aos obtidos neste trabalho da região semiárida.

O crescimento de machos, fêmeas e sexos grupados de *K. pelamis* demonstraram crescimento do tamanho corporal alométrico positivo ($b > 3$) (Gráfico 1). A alometria positiva

indica que *K. pelamis* no semiárido ganha mais peso do que comprimento durante seu ritmo de crescimento (Gráfico 1).

Através dos resultados das relações peso-comprimento para machos, fêmeas e sexos grupados da espécie, constatou-se que não existiu diferenciação significativa entre os sexos, e seus valores foram próximos dos apresentados por Andrade e Campos (2002) para *K. pelamis* no sudoeste do Atlântico sul.

No presente estudo, pode ser observado através da relação peso-comprimento de fêmeas e machos, que as fêmeas apresentaram um peso relativamente menor que os machos.

O valor de 'b' (coeficiente alométrico) varia em torno de 3,0 para diferentes espécies (CREN, 1951). O coeficiente de alometria ($b = 3,1549$) neste estudo apresentou valores aproximados ao da população de *K. pelamis* do Sudoeste do Atlântico sul ($b = 3,293$) e Rio de Janeiro ($b = 3,3773$) (ANDRADE E CAMPOS, 2002; MENEZES et al., 2010). Em outras espécies da família scombridae pode-se encontrar uma mesma variação no valor do coeficiente de alometria positiva como em *Scomberomorus brasiliensis* estudada por Silva et al. (2005) no litoral ocidental maranhense obtendo um valor de b igual a 3,097.

Já o valor de 'a', que reflete a condição da população em termos de gordura (grau de hígidez) deste trabalho, foi exatamente igual ao de Andrade e Campos (2002) que obteve um valor de $a = 0,000007$, indicando uma semelhança do bem-estar geral da espécie.

As relações peso-comprimento, do presente estudo, foram calculadas considerando-se apenas indivíduos que já estavam iniciando a primeira maturação sexual, pois não foram capturados indivíduos na fase de imaturos, não permitindo assim discutir as variações em peso durante todas as fases de desenvolvimento.

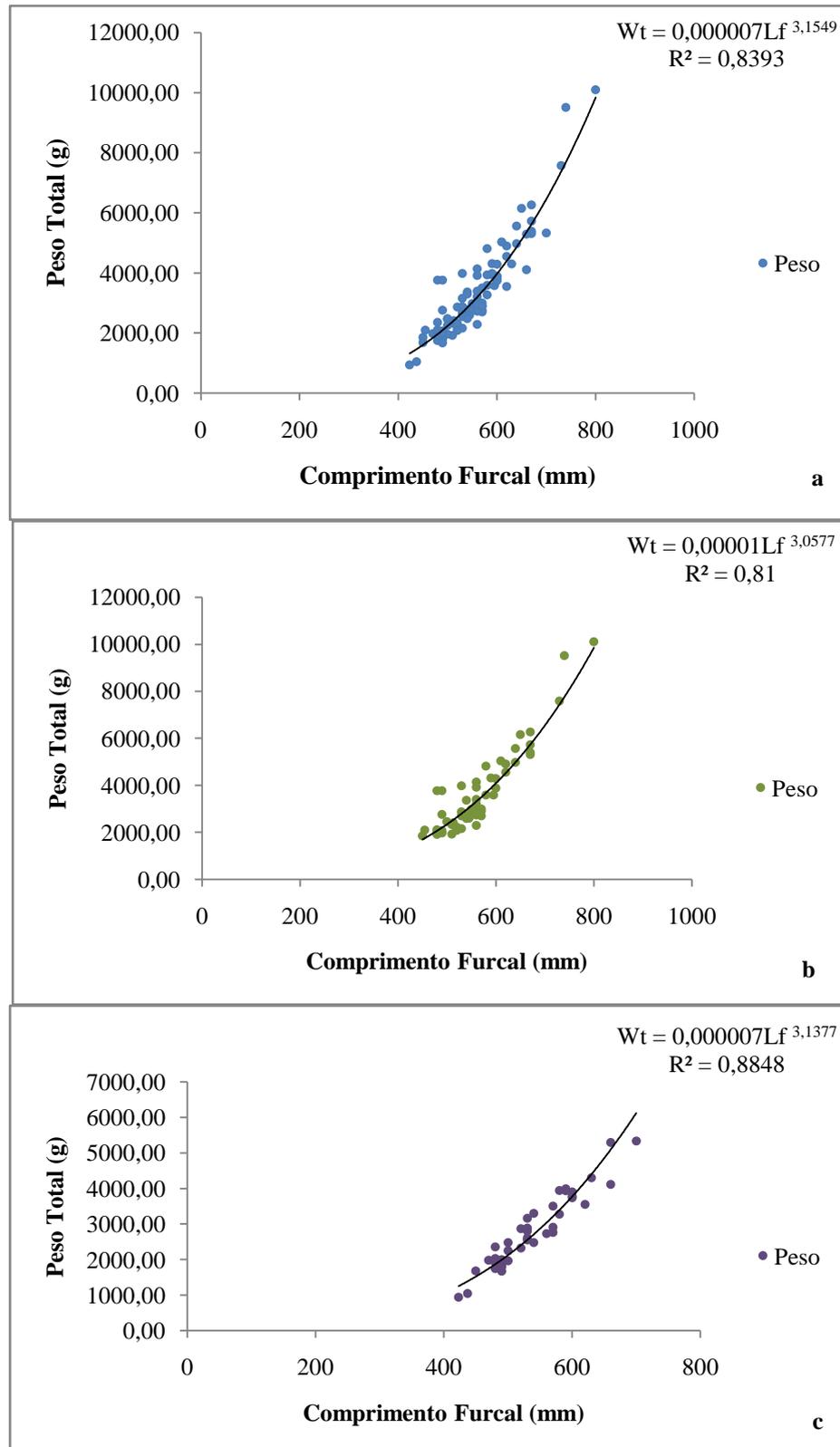


Gráfico 1. Relação peso-comprimento: (a) sexo grupado, (b) machos e (c) fêmeas de *Katsuwonus pelamis*.

A análise da relação peso/comprimento tem sido utilizada para estimar biomassas a partir de dados de frequência de comprimento e como medida da variação do peso esperado para o comprimento de um indivíduo, indicando sua condição, ou seja, o acúmulo de gordura e de desenvolvimento gonadal (SILVA et al., 2005).

3.2 Proporção Sexual

A proporção sexual de *K. pelamis*, apresentou uma predominância de machos (58%) sobre as fêmeas (42%), ocorrendo 1,4 machos para 1 fêmea (1,4M:1,0F). No período de estudo foi observado que a frequência de fêmeas foi maior nos meses de Dezembro de 2015, Fevereiro e Outubro de 2016, os machos se mostraram predominantes no restante dos meses. Não houve diferença significativa nas variáveis ao nível de 5% ($p < 0,05$) (Gráfico 2). Raju (1960) e Stéquert (2001) estudando a biologia reprodutiva de bonito listrado na Índia obtiveram uma predominância de machos. A proporção sexual geralmente não difere, mas pode sofrer variações em diferentes espécies e até mesmo na mesma população em diferentes períodos que geralmente ocorre de 1 macho: 1 fêmea (CAVALCANTE et al., 2012). A proporção sexual constitui informação básica para avaliar o potencial reprodutivo e estimar o tamanho do estoque populacional (STRATOUDAKIS et al., 2006).

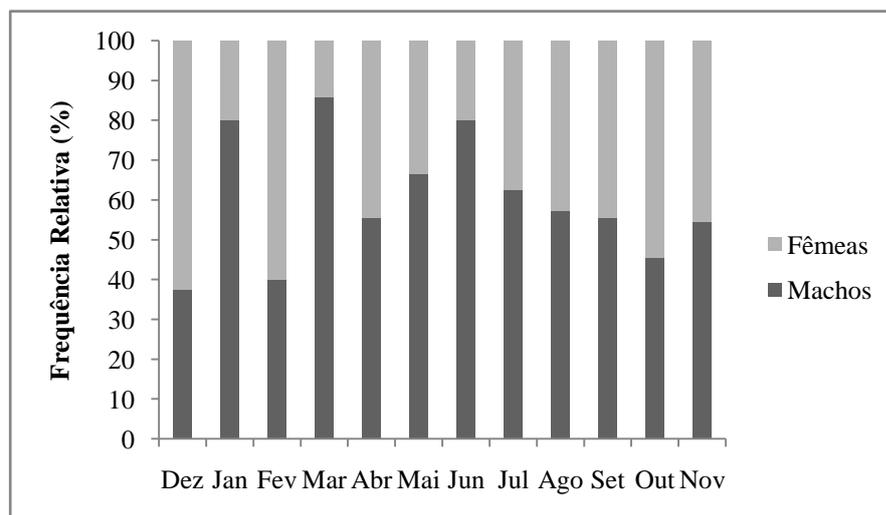


Gráfico 2. Proporção sexual de *Katsuwonus pelamis* distribuído nos meses de coleta.

3.3 Desenvolvimento Gonadal e Maturidade Sexual

Na população amostrada de *K. pelamis*, a capacidade de produzir gametas, e a iniciação da sua maturação sexual, ocorreu quando os machos apresentaram comprimento de 450 mm e as fêmeas o comprimento de 423 mm, caracterizando assim, a maturidade fisiológica. Machos com comprimento de 480 mm e fêmeas com 437 mm apresentaram a capacidade de viabilizar a fertilização da espécie (maturação funcional). As fêmeas apresentaram atividade reprodutiva antes dos machos, estes com peso médio de $3134,5 \pm \text{SD } 1018,9$ g, e os machos com peso médio de $3762,7 \pm \text{SD } 1706,9$ g. Batts (1972) relatou que o tamanho de primeira maturação de *K. pelamis* (L_{50}) foi estimado em 500 mm para as fêmeas. Entre os estádios de maturação gonadal, machos e fêmeas não apresentaram uma diferença significativa de peso e comprimento ($P < 0,05$).

As fêmeas da população de *K. pelamis* apresentaram o estágio maduro em todos os meses de estudo (Gráfico 3), apresentando predominância única nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Junho e Novembro de 2016, e o estágio esvaziada nos meses de Maio e Outubro. Os machos apresentaram predominância única do estágio maduro nos meses de Fevereiro, Março, Agosto, Setembro e Novembro, e o estágio espermiado nos meses de Maio e Outubro.

Fatores como o peso das gônadas e do estômago podem afetar as variações das condições gerais e “bem-estar” do peixe, visto que essas condições dependem do grau de desenvolvimento gonadal e da atividade alimentar por ocasião da sua captura (SILVA et al., 2005).

Neste estudo se verificou que ovários e testículos de *K. pelamis* formam verificados diferentes aspectos macroscópicos conforme o estágio de maturidade apresentado. Estimaram-se quatro estádios macroscópicos na maturação gonadal para *K. pelamis*, sendo em maturação, maduro e esvaziado para fêmeas e espermiado para machos. Nos estádios em maturação e maduro, os ovários mudaram a coloração de translúcida para avermelhada, aumentando de tamanho com presença de ovócitos visíveis. Os testículos apresentaram tamanhos variados de acordo com o grau de desenvolvimento, tornaram-se mais espessos com coloração esbranquiçada (Figura 3).

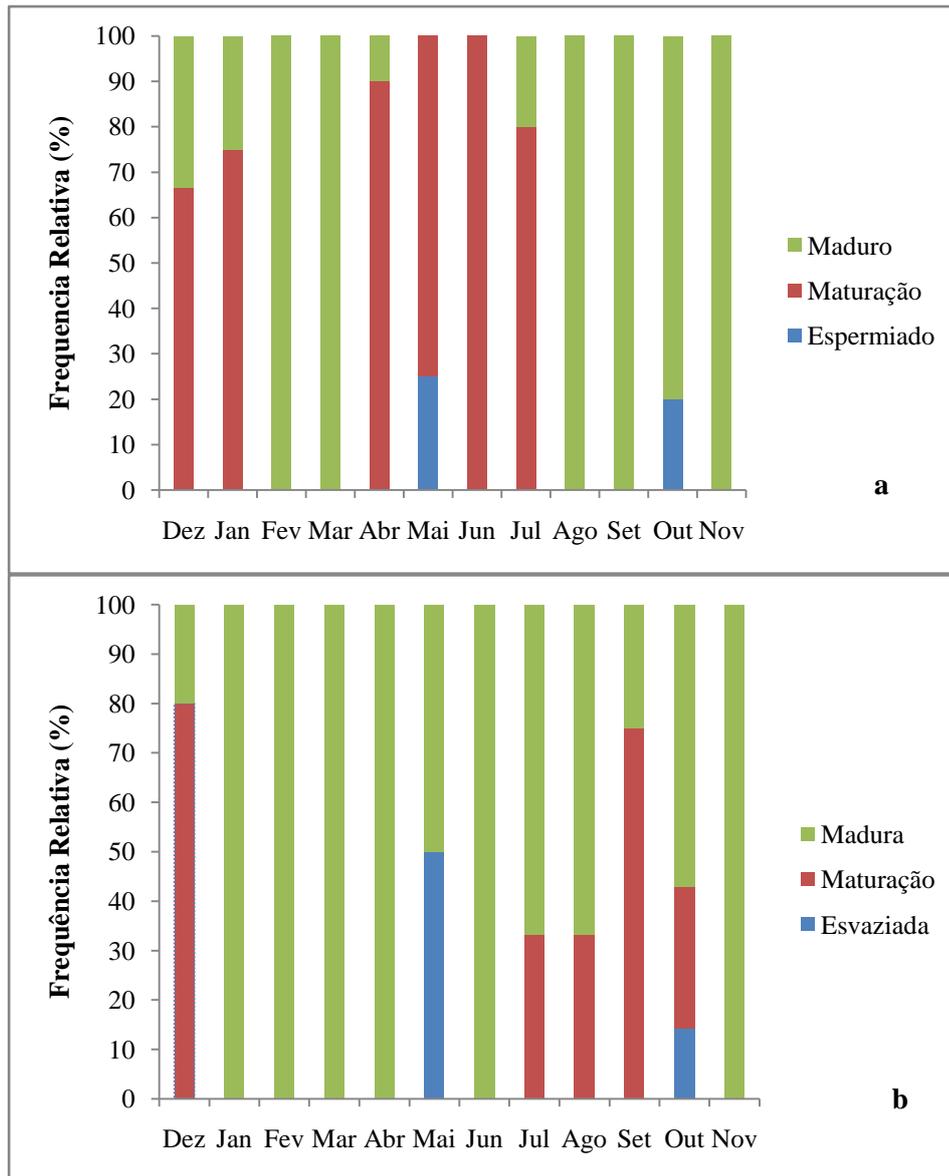


Gráfico 3. Frequência relativa de distribuição de ovários e testículos nos três estádios de maturação sexual de (a) machos e (b) fêmeas de *Katsuwonus pelamis* em diferentes meses de observação.

O estudo do desenvolvimento gonadal dos peixes são importantes quando se pretende conservar os estoques pesqueiros, pois fornecem conhecimentos básicos para determinar o período reprodutivo de uma espécie (CAVALCANTE et al., 2012).

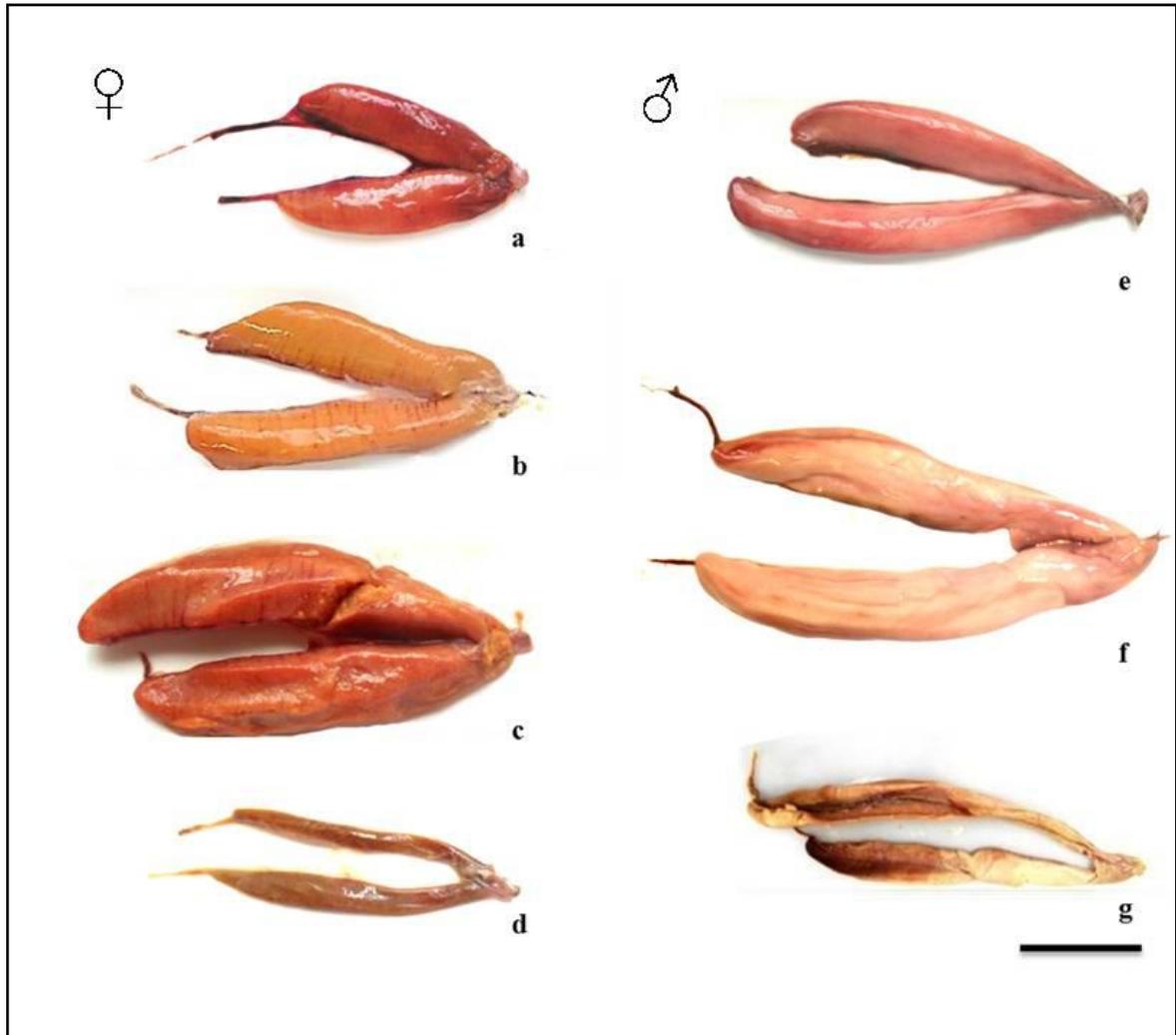


Figura 3. Observação macroscópica dos estádios de desenvolvimento gonadal de fêmeas e machos de *Katsuwonus pelamis*: (a) ovário em maturação inicial, (b) em maturação final, (c) maduro, (d) esvaziado, (d) testículo em maturação, (e) maduro, (f) esvaziado (escala = 50mm).

3.4 Índice Gonadossomático e Época de Desova

A análise mensal, dos valores do índice gonadossomático das fêmeas apresentaram o IGS com 2 picos de amplitude, sendo estes nos meses de Fevereiro e Agosto, com a menor ocorrência no mês de Março (Gráfico 4). Os machos apresentaram o IGS com 2 picos de amplitude, sendo estes nos meses de Abril e Agosto, nos meses de Setembro, Outubro e Novembro a atividade reprodutiva dos machos se mantiveram constante (figura 7).

A análise do IGS dos indivíduos adultos da população de *K. pelamis* no clima semiárido, apresentou período de reprodução individual ocorrendo durante todo o ano, com picos de desova da espécie em Fevereiro e Agosto à Novembro,

Os maiores valores de IGS são constatados no momento que antecede a desova, devido à hidratação dos óvulos (OLIVEIRA et al., 2015). Estudos com diversas espécies relataram ocorrência de valores mais elevados do IGS no estágio maduro e inferiores após a desova, é um índice útil para identificar o período reprodutivo total ou os picos de atividades reprodutivas parciais (BARROS et al., 2016).

Stéquert et al., (2001) avaliando o índice gonadossomático de *K. pelamis* no oceano Índico, propõe que esta possui atividade reprodutiva contínua durante todo o ano, com maiores intensidades para fêmeas nos meses de Janeiro e Março, machos nos meses de Janeiro, Julho e Dezembro. Batts (1972) relatou um maior pico no IGS nos meses de Junho e Julho para fêmeas de *K. pelamis* da Carolina do Norte. Raju (1964) apresentou picos de IGS para fêmeas nos meses de Fevereiro, Maio e Junho, e para machos em Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio e Junho.

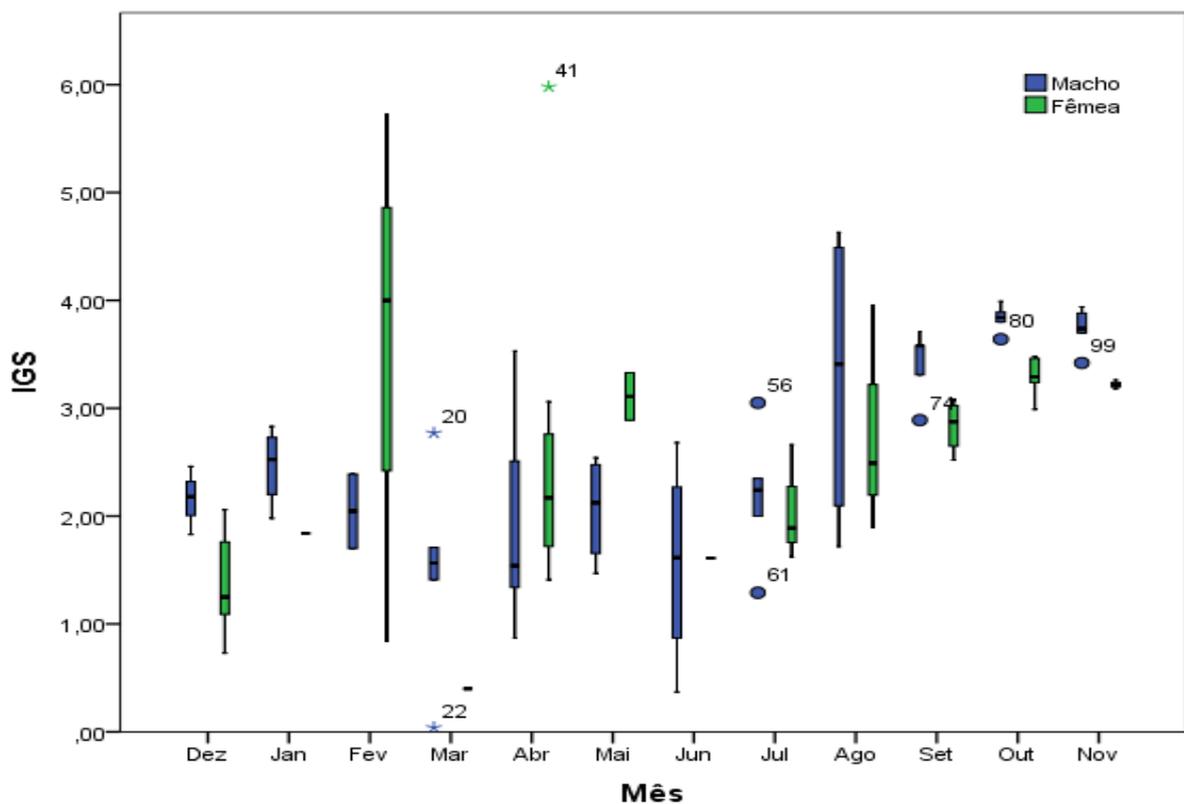


Gráfico 4. Índice gonadossomático (IGS) mensal da população de *Katsuwonus pelamis*.

3.5 Fecundidade e Tipo de Desova

A fecundidade absoluta média de *K. pelamis* foi de 1.132.425 (SD \pm 219.508,9) e ovócitos maduros com diâmetro mínimo de 265 μ m e máximo 552 μ m (M 406,7 \pm SD 76,2).

Foi observado que quanto maior era o exemplar de bonito listrado, maior se tornava o diâmetro de seus ovócitos, como em uma exemplar de 400mm possui em seus ovócitos um diâmetro médio de 465 μm e um exemplar de 600mm possui 597 μm diâmetro médio.

A fecundidade nos teleósteos pode ser afetada pela disponibilidade de alimentos, condição feminina, tamanho e condições ambientais (DOMINGUEZ-PETIT e SABORIDO-REY, 2010). Assim, para um dado tamanho, as fêmeas em melhores condições apresentam maior fecundidade (KJESBU et al., 1991), indicando que tamanho e condição são os parâmetros chave para avaliar corretamente a fecundidade no nível da população.

Nos peixes, existem além das outras células germinativas em desenvolvimento, uma fonte renovável e contínua de ovócitos a partir do epitélio folicular, o que explicaria o incremento nos valores absolutos da fecundidade com o crescimento. Assim a cada desova um número maior de células permanece nos ovários aumentando o estoque de ovócitos formados (SÁ-OLIVEIRA, 2002).

Este resultado de fecundidade obtido é semelhante ao encontrado por Batts (1972) em estudo com *K. pelamis* na Carolina do Norte, onde obteve um valor de 1.200.000 ovócitos para exemplares de 704mm. Simmons (1969) propõe que a fecundidade de bonito listrado na zona tropical do oceano Atlântico varia em torno de 262.00 a 1.331.00 ovócitos para espécimes de 465-809 mm de comprimento. Schaefer (1962) para espécimes 640-710 mm do Pacífico, propõe uma fecundidade de 480.000 a 1.000.000 ovócitos. Yabe (1954) para espécimes do Japão 468-610 mm propõe uma fecundidade de 110.000 a 860.000 ovócitos.

Estudos histológicos dos ovários revelaram desenvolvimento assincrônico dos ovócitos (VAZOLLER, 1996), caracterizando a desova do tipo intermitente, onde não se evidenciam períodos de reprodução onde a estação de desova ocorre ao longo do ano.

Segundo Silva et al. (2016), este tipo de desova assincrônico é comum em áreas tropicais e reflete adaptação às restrições ambientais para otimizar a liberação de gametas em um processo sincronizado relacionado com a disponibilidade de alimento para larvas e pós-larvas. Este padrão reprodutivo também foi observado em outras espécies de scombrídeos, por exemplo, *S. japonicus* (BAIRD, 1977), *T. alalunga* (AKAYLI, 2013) e *T. maccoyii* (BUBNER, 2012) confirmando assim que este tipo de desova está envolvida com estratégias de reprodução que é observada na família Scombridae, significando que possivelmente o ambiente disponibiliza recursos alimentares em todo ano.

3.6 Fator de Condição (K e K')

A análise das médias mensais do Fator de condição (Gráfico 5) da população amostrada de *K. pelamis* indica que variações na reprodução individual ocorre durante todo o ano, com picos de desova da espécie em Fevereiro e Agosto à Novembro evidenciados pelas maiores diferenças entre K e K' e esta variação mensal da diferença entre os fatores de condição K e K' pode ser usada para indicar o período reprodutivo e assim ser correspondente ao índice gonadal. O fator de condição obtidos neste estudo apresentou menores intensidades de variação, quando comparado com o estudo de Menezes et al. (2010) em estudos de captura de *K. pelamis* no Rio de Janeiro, onde este apresentou uma maior oscilação durante todo o ano.

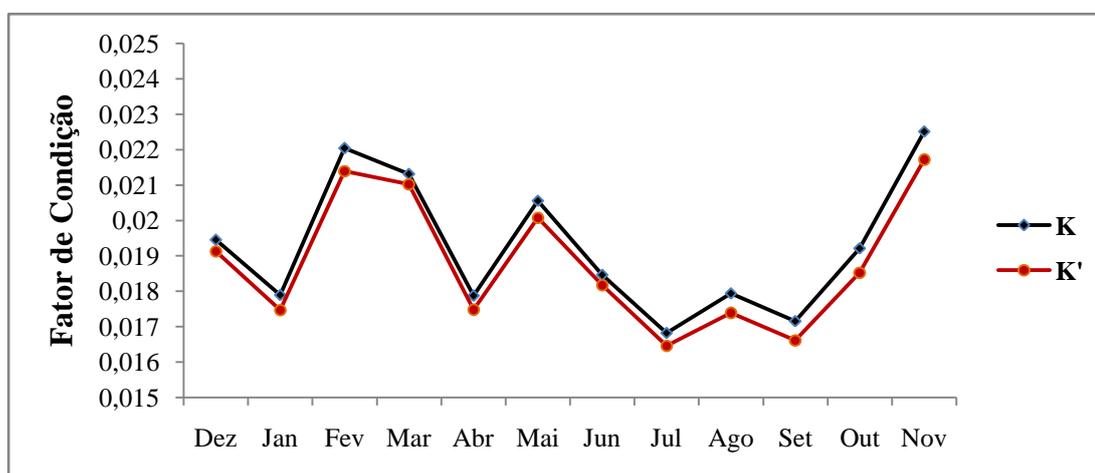


Gráfico 5. Fator de condição na população amostrada de *Katsuwonus pelamis*.

3.7 Estratégia reprodutiva da espécie *Katsuwonus pelamis*

A análise das táticas reprodutivas de *K. pelamis* identificou-se uma espécie de peixe estrategista de equilíbrio, por apresentarem tamanho corporal grande com dimensões maiores nos machos. Apresentaram o crescimento do tipo alométrico positivo, onde a espécie ganha peso em uma proporção maior do que o crescimento. Houve um predomínio de machos com proporção com uma proporção maior para machos para fêmea.

A primeira maturação ocorre com 423mm para fêmeas e 450mm para machos, além de apresentar uma alta fecundidade (Tabela 5). A desova foi caracterizada como Intermitente, onde esta ocorre durante todo o ano com intensidades nos meses de Fevereiro e Agosto à Novembro. O período de maior bem estar da espécie ocorre durante os meses de Fevereiro e

Agosto à Novembro, sendo possível relacionar este bem estar às condições ambientais da região em que a espécie se encontra e aos seus aspectos comportamentais.

	ESTRATÉGIA REPRODUTIVA EQUILÍBRIO
TÁTICAS REPRODUTIVAS	
Tamanho Corporal	Grande, onde machos são maiores
Tipo de Crescimento	Alométrico positivo
Proporção sexual	1,4M : 1,0F
Estádio de Desenvolvimento Gonadal de Adultos	Maturação, maduro e esvaziado
Maturação fisiológica	423mm para fêmeas e 450mm para machos
Maturação funcional	437mm para fêmeas e 480mm para machos
Índice Gonadossomático e Época de Desova	A desova ocorre em todo o ano com intensidades nos meses de Fevereiro e Agosto à Novembro
Fecundidade	Alta fecundidade
Tipo de desova	Intermitente
Fator de Condição (k)	Maiores valores ocorreram nos meses de Fevereiro e Agosto à Novembro

Tabela 5. Táticas reprodutivas da espécie *K. pelamis* em clima semiárido.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostrou a estratégia reprodutiva e o fator de condição do desenvolvimento de *K. pelamis* de Rio Grande do Norte, Semiárido do Brasil. De acordo com as características observadas nesse estudo, observou-se que *K. pelamis* apresenta machos maiores em comprimento e em peso e o crescimento da espécie é alométrico positivo, indicando que os machos e fêmeas tem um incremento corporal maior em peso do que em comprimento. Foram identificados três estádios de maturação ovariana e testicular em adultos. A fecundidade média absoluta foi semelhante à obtida em outros estudos desta espécie em diferentes regiões e climas distintos. Estes resultados encontrados contribuem para atualizar o conhecimento dos padrões de desenvolvimento reprodutivo de *Katsuwonus pelamis*.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao Programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AKAYLI T, Karakulak FS, Oray IK, Yardimci RE. Testes development and maturity classification of albacore (*Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788)) from the Eastern Mediterranean Sea. **J. Appl. Ichthyol.** v 1, n 29, p 901–905, 2013.
- ANDRADE, H. A.; CAMPOS, R. O. Allometry coefficient variations of the length–weight relationship of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest South Atlantic. **Elsevier Science**, Itajaí-SC, v. I, n. 55, p. 307-312, 2002.
- ARAÚJO, C. C. D. Fator de condição e relação peso-comprimento de mugil curema valenciennes, 1836 (pisces, mugilidae) como indicadores de estresse Ambiental. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 51-64, 2011.
- ARAÚJO, C. C. D.; FLYNN, M. N.; PEREIRA, W. R. L. Fator de condição e relação peso-comprimento de mugil curema valenciennes, 1836 (pisces, mugilidae) como indicadores de estresse Ambiental. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, São João da Boa Vista, São Paulo., v. 4, n. 3, p. 51-64, 2011.
- BAIRD, D. Growth and Aspects of Reproduction of the Mackerel *Scomber Japonicus* in South African Waters (Pisces: Scombridae). **Zoologica Africana**, v. 12, n. 2, p. 347-362, 1977.
- BARROS, N. H. C., DE LIMA, L. T. B., DE ARAÚJO, A. S., GURGEL, L. D. L., CHELLAPPA, N. T. E CHELLAPPA, S. Estudos sobre as táticas e as estratégias reprodutivas de sete espécies de peixes de água doce do rio grande de norte, Brasil. **HOLOS**, V. 32, n. 3, p. 84-103, 2016.
- BATTS, B. S. Sexual Maturity, Fecundity, and Sex Ratios of the Skipjack Tuna, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), in North Carolina Waters. **American Fisheries Society**, v. 101, n. 4, p. 626-637, 1972.
- BUBNER, E., FARLEY, J., THOMAS, P., BOLTON, T. E ELIZUR, A. Assessment of reproductive maturation of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in captivity. **Aquaculture**, v. 364-365, p. 82-95, 2012.

CARPENTER, K. E. **The living marine resources of the western central pacific. FAO Species identification guide for fishery purposes.** 3. ed. Rome, v. 5, p 2791-3380, 2001.

CAVALCANTE, L. F. M; OLIVEIRA, M. R; CHELLAPPA, S. Aspectos reprodutivos do ariacó, *Lutjanussynagris* nas águas costeiras do Rio Grande do Norte. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 1, p. 45-50, 2012.

CREN, E. D. L. The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). **The Journal of Animal Ecology**, v. 20, n. 2, p. 201, 1951.

DIAS, M. **Guia de identificação de atuns do atlântico.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura do desenvolvimento rural e pesca, 2008.

DOMÍNGUEZ-PETIT, R. E SABORIDO-REY, F. New bioenergetic perspective of European hake (*Merluccius merluccius* L.) reproductive ecology. **Fisheries Research**, v. 104, n. 1-3, p. 83-88, 2010.

FONTELES FILHO, A. A. **Oceanografia, biologiae dinâmica populacional de recursos pesqueiros.** Fortaleza - CE: Expressão Gráfica, 2011.

GOMES, I. D., ARAÚJO, F. G., AZEVÊDO, M. C. C. D. E PESSANHA, A. L. M. Biologia reprodutiva dos bagres marinhos *Genidens genidens* (Valenciennes) e *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae), na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. suppl 2, p. 171-180, 1999.

GURGEL, T., CARVALHO, M., OLIVEIRA, M. E CHELLAPA, S. Ocorrência e Caracterização de Peixes Marinhos da Praia de Ponta Negra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 3, p. 112-118, 2014.

KJESBU, O. S., KLUNGSOYR, J., KRYVI, H., WITTHAMES, P. R. E WALKER, M. G. Fecundity, Atresia, and Egg Size of Captive Atlantic Cod (*Gadus morhua*) in Relation to Proximate Body Composition. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 48, n. 12, p. 2333-2343, 1991.

LIMA, J. T. A. X. D.; FONTELES-FILHO, A. A.; CHELLAPPA, S. Biologia reprodutiva da serra, *Scomberomorus brasiliensis* (Osteichthyes: scombridae), em águas costeiras do Rio Grande do Norte. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 40, n. 1, p. 24 - 30, 2007.

MENESES de LIMA J.H., C.F. LIN e A. A. S. A description of the bait boat fishery off the south and southeast Brazil. **Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT.** v. 51, n. 1, p. 416-462, 2000.

MENEZES, A. Silveira A.; AGUIAR, Santos, R.; FERNANDES Lin, C., VIANNA, M. E F. FAULSTICH NEVES, L. Caracterização das capturas comerciais do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis*, desembarcado em 2007 no Rio de Janeiro, Brasil. **Revista CEPIS Biodiversidade e Conservação Marinha**, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2010.

NASCIMENTO, W. S; YAMAMOTO, M. E; CHELLAPPAS. Proporção Sexual e Relação Peso-Comprimento do Peixe Anual *Hypsoblebias antenori* (Cyprinodontiformes: Rivulidae) de Poças Temporárias da Região Semiárida do Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 1, p. 37-44, 2012.

OLIVEIRA, I., OLIVEIRA, M., YAMAMOTO, M. E CHELLAPPA, S. Biologia Reprodutiva de Agulha-Preta, *Hemiramphus brasiliensis* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes: Hemiramphidae) das Águas Costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 2, n. 2, p. 44-53, 2012.

OLIVEIRA, M. R. D., MORAIS, A. L. S., CARVALHO, M. M., SILVA, A. M., LIMA, J. T. A. X., CHELLAPPA, N. T. E CHELLAPPA, S. Estratégias reprodutivas de sete espécies de peixes das águas costeiras do rio grande do norte, Brasil. **HOLOS**, v. 6, p. 107, 2015.

RAJU, G. A case of hermaphroditism and some other gonadal abnormalities in the skipjack *Katsuwonus pelamis* (LINNAEUS). **I Mar. biot. Ass. Indi**, v. 2, n. 1, p. 95-102, 1960.

SÁ-OLIVEIRA, J. C. E CHELLAPPA, S. Fecundidade e tipo de desova do tamuatá, *Hoplosternum littorale* Hancock (Osteichthyes, Siluriformes) no Rio Curiaú, Macapá, Amapá. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 4, p. 1053-1056, 2002.

SCHAEFER, K. M. Assessment of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) spawning activity in the eastern Pacific Ocean. **Fishery Bulletin.**, v. 99, n. 2, p. 343, 1962.

SCHAEFFER, M. B. Report on the investigations of the Inter-American Tropical Tuna Commission for the year 1961. **Annu. Rep. Inter-Am. Trop. Tuna Comm**, v. 1, n. 2, p. 44-103, 1962.

SILVA G. C, Castro ACL, Gubiani EAG (2005) Estrutura populacional e indicadores reprodutivos de *Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo e Zavala-Camin, 1978 (Perciformes: Scombridae) no litoral ocidental maranhense. **Acta Sci. Biol. Sci. Maringa**, v. 27, n. 4, p. 383-389, Oct./Dec., 2005.

SILVA, A. D. M.; OLIVEIRA, M. R. D.; CHELLAPPA, S. Biologia reprodutiva do coró, *Pomadasys corvinaeformis* Steindachner (Osteichthyes: Haemulidae) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil.. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 2, p. 15-24, Julho 2012.

SILVA, J. P. D. C., COSTA, M. R. D., GOMES, I. D. E ARAÚJO, F. G. Gonadal development and fecundity of the smooth weakfish *Cynoscion leiarchus* (Teleostei: Perciformes: Sciaenidae) in a tropical Brazilian bay. **Zoologia** (Curitiba), v. 33, n. 6, 2016.

SIMMONS, David C. *Maturity and Spawning of Skipjack Tuna (Katsuwonus Pelamis) in the Atlantic Ocean: With Comments on Nematode Infestation of the Ovaries.* **U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep., Fish.**, 1969.

STÉQUERT, B. et al. Gonadosomatic index and seasonal variations of plasma sex steroids in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from the western Indian ocean. **Aquat. Living Resour.**, v. 14, n. 1, p. 313-318, 2001.

STRATOUDAKIS, Y.; BERNAL, M.; GANIAS, K.; URIARTE, A. The daily egg production method: recent advances, current applications and future challenges. **Fish and Fisheries**, v. 7, p.35-57, 2006.

SZPILMAN, Marcelo. **Peixes marinhos do Brasil: Guia prático de identificação.** 1. Rio de Janeiro: Instituto Ecológico Aqualung, 2000. 288 p.

TAVARES-DIAS, M., ARAÚJO, C. S. O., GOMES, A. L. S. E ANDRADE, S. M. S. Relação peso-comprimento e fator de condição relativo (Kn) do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) em cultivo semi-intensivo no estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecias**, v. 12, n. 1, p. 59-65, 2010.

VAZZOLER, Ana Emilia A. de M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá - PR, 1996.

YABE, H. A study on spawning of skipjack in the Satsunan Sea area. In general view of fishery science. **Jpn. Assoc. Adv. Sci**, v. 12, n. 1, p. 182-199, 1954.

CAPÍTULO II

MORFOLOGIA OVARIANA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO GONADAL EM *Katsuwonus pelamis*

Trabalho submetido à revista:

ANIMAL REPRODUCTION SCIENCE

Página eletrônica:

<https://www.journals.elsevier.com/animal-reproduction-science/>

ISSN: 0378-4320

MORFOLOGIA OVARIANA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO GONADAL EM *Katsuwonus pelamis*

José Ticiano Arruda Ximenes de Lima^{1*}; *José Domingues Fontenele Neto*^{1*};
*Erivaldo Laurindo Gomes*²; *Naibe Cristina de Figueiredo*²; *Claudio Giovanio da Silva*³

¹ Docente Doutor. Departamento de Ciências Animais – DCAn. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). *Correspondência: Avenida Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. Mossoró/RN. CEP: 59.625-900. E-mail: ticiano.ximenes@ufersa.edu.br

² Biólogos, discentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró-RN.

³ Graduando em engenharia de pesca. Departamento de Ciências Animais – DCAn. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

RESUMO

Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) conhecido popularmente como bonito listrado é um peixe de grande importância econômica mundial, capturado por meio de pesca artesanal. A morfologia macroscópica das gônadas identifica as características sexuais primárias (ovários e testículos) de peixes sem diferenciação sexual e através da identificação em estudo histológico do desenvolvimento gametogênico identifica as sucessivas modificações estruturais do aparelho reprodutor. Este estudo é baseado na análise da anatomia macroscópica e da estrutura histológica de fêmeas de *K. pelamis* coletadas por pescadores na região costeira do Sudoeste Atlântico (04° 57' 22" S e 37° 08' 13" W) aleatoriamente 100 (cem) peixes entre Dezembro/2015 a Novembro/2016. Os peixes foram transportados refrigerados para o laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA – LASA onde foram realizada a biometria e análise morfo-histológica. Na análise macroscópica se considerou forma e comprimento gonadal, coloração, grau de vascularização, volume, peso, transparência da membrana, visibilidade dos óvulos que caracterizam os estádios de desenvolvimento ovariano. Foram consideradas seis fases de desenvolvimento ovocitário, com base nas características citológicas das células germinativas durante o processo de maturação, e quatro estádios de maturação, determinados pela estrutura histológica dos ovários e pela ocorrência e frequência das seis fases ovocitárias: maturação inicial, maturação final, maduro e esvaziado. A presença de ninhos de células germinais e ovócitos em fases de desenvolvimento, sugere desova intermitente, onde esta ocorre durante todo o ano, e o desenvolvimento ovocitário é classificado como sincrônico em mais de um grupo. A anatomia ovariana macroscópica e a estrutura histológica verificadas são características do tipo cistovariano.

Palavras-chave: Reprodução de peixes, Táticas reprodutivas, Bem estar, Bonito listrado

OVARIAN MORPHOLOGY IN DIFFERENT STADIUMS OF GONADAL DEVELOPMENT IN *Katsuwonus pelamis*

José Ticiano Arruda Ximenes de Lima^{1*}; *José Domingues Fontenele Neto*^{1*};

*Erivaldo Laurindo Gomes*²; *Naibe Cristina de Figueiredo*²; *Claudio Giovanio da Silva*³

¹ Doctor. Departamento de Ciências Animais – DCAn (Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). *Mail: Avenida Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. Mossoró/RN. CEP: 59.625-900. E-mail: ticiano.ximenes@ufersa.edu.br

² Biologists, students of the Graduate Program in Animal Production. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). Mossoró-RN (Rio Grande do Norte State).

³ Graduating in Fishing Engineering. Departamento de Ciências Animais – DCAn Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid).

ABSTRACT

Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) popularly known as skipjack tuna is a fish of world economic importance, captured through artisanal fishing. The macroscopic morphology of the gonads identifies the primary sexual characteristics (ovaries and testicles) of fish without sexual differentiation and through the identification in histological study of the gametogenic development identifies the successive structural modifications of the reproductive system. That study is based in the analysis of the macroscopic anatomy and the histological structure of females of *K. pelamis* collected by fishers in the coastal region of the Southwest Atlantic (04° 57' 22" S and 37° 08' 13" W) randomly 100 (one hundred) fish between December/2015 and November/2016. The fish were transported chilled to the UFERSA-Aquatic Sanitation Laboratory (Laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA-LASA), where the morpho-histological biometry and analysis were fulfilled. In the macroscopic analysis was considered gonadal shape and length, coloring, degree of vascularization, volume, weight, membrane transparency, visibility of ova that characterize the stadiums of ovarian development. Six phases of oocyte development were considered, based in the cytological characteristics of the germ cells during the maturation process, and four maturation stages, determined by the histological structure of the ovary and the occurrence and frequency of the six oocyte phases: initial maturation, final maturation, mature and emptied. The presence of germ cell nests and oocytes in phases of development, suggests intermittent spawning, where it occurs during all year, and the oocyte development is classified as synchronous in more than a group. The macroscopic ovarian anatomy and the histological structure verified are characteristics of the cystovarial type.

Keywords: Fish breeding, Reproductive tactics, Welfare, Skipjack tuna

1. INTRODUCTION

Katsuwonus pelamis (Linnaeus, 1758) popularly known as skipjack tuna has the fusiform body, with purple blue coloring on the back and silvery color on the flank, exhibits from 4 to 6 longitudinal dark bands on the flank, deprived of scales, except for the pectoral fin and absence of the swim bladder (COLLETTE, 1983). It preferably inhabits tropical and temperate seas between the parallels 35°N and 35°S, being only absent in the Eastern Mediterranean and the Black Sea, being of great importance for artisanal sport fishing (SPILMAN, 2000)

The fish *K. pelamis* is a representative of the Scombridae family that preferably inhabits tropical and temperate seas between the parallels 35°N and 35°S, being only absent in the Eastern Mediterranean and the Black Sea. Those fish are fast predators that inhabit the pelagic environment some fulfill long distance migrations looking for food or to reproduction (DIAS, 2008).

The main representatives of the family are *Acanthocybium solandri* (Wahoo), *Auxis thazard* (Frigate tuna), *Euthynnus alletteratus* (Little tuna), *Katsuwonus pelamis* (Skipjack tuna), *Scombercolias* (Cavalinha), *Scomberomorus brasiliensis* (Spanish mackerel), *Scomberomorus cavalla* (King mackerel), *Scomberomorus regalis* (Cero), *Thunnus alalunga* (Albacore), *Thunnus albacares* (Yellow-fin tuna), *Thunnus atlanticus* (Blackfin tuna), *Thunnus obesus* (Big-eye tuna) e *Thunnus thynnus* (Tuna) (MENDIZABAL, 2013).

Because of the big diversity of fishes of the Scombridae family, fishing control measures must come of the study of fisheries biology that identify the minimum size of catch through the morphological description with the identification of the gonadal development (LOPES and QUEIROZ 2009). Morphologically its macroscopic and histological structure change during the sexual maturity (ALVES et al., 2014).

The macroscopic morphology of the gonads identifies the development and the primary sexual characteristics (ovaries and testicles) of fish without sexual differentiation and through the histological identification of the gametogenic development is verified the successive structural modifications of the reproductive system during the gonadal maturation process of the species is verified in the reproductive development (FONTELES FILHO 2011).

That study had as goal to characterize the morphologic structure in different scales of gonadal maturity and development in females of *Katsuwonus pelamis*. Due to a few searches

in the semi-arid region and a big diversity of fish on the coast of the Nordeste (Northwest) of Brazil.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Acquisition of adult fish and study area

Monthly a maximum number of 10 samples of fish caught randomly with bait and rod in artisanal boats up to 330.70 nautical miles on the southwest coast of the Atlantic Ocean between latitude 0°22'32"N and longitude 37°50'38"W. The fish were stored and frozen in thermal box with ice for transport to the UFERSA Aquatic Sanitation Laboratory (Laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA-LASA), for biometry, identification of the species and morphologic analysis.

2.2 Biometry and morphologic and histological description of the gonads of adult fish

The necropsy of the fish was fulfilled through an incision of the urogenital opening, crossing the musculature (Alba line) from the ventral region to the anterior region of the head at the border of the coelomic cavity. The gonad was exposed and allowed the identification of sex through the visual inspection of the primary sexual characteristics (VAZZOLER 1996). The ovaries were removed, weighed, measured and observed as to their macroscopic aspects to characterize the stadiums of gonadal development. The gonadal shape, color, degree of vascularization, volume, weight, membrane transparency, visibility of ova were noticed. (SILVA, OLIVEIRA and CHELLAPPA 2012).

To describe histological morphology, the gonads, in different phases of gonadal development, were cut crosswise in fragments (25mm) of the cephalic, median and caudal portions of the ovaries and they were properly fixed in formaldehyde solution 10% neutralized for 24 hours. They, posteriorly, were transferred to alcohol at 70% for conservation until histological processing (CHELLAPPA et al., 2010).

The processing followed Marques, Rosa and Gurgel's methodology (2000). The morpho-histological description was fulfilled through microscopic observation of the plates in different phases of gametogenic development of the females (RADAEL et al., 2016).

2.3 Sampling, analysis of histological images and morpho-histological biometry of adult fish

6 (six) samples of the *Katsuwonus pelames* species with different length (mm) and weight (g) were used in 3 (three) stadiums of gonadal maturation, being those Maturation that were subdivided in initial and final Maturation, Mature and Emptied for morpho-histological study in adult fish . (See table 6).

<i>Katsuwonus pelames</i>	Maturation stadium	Weight	Furcal length
Sample 1	Maturation	940.8 g	423 mm
Sample 2	Maturation	1680 g	450 mm
Sample 3	Mature	3160 g	53 mm
Sample 4	Mature	1044.4 g	437 mm
Sample 5	Emptied	5330 g	700 mm
Sample 6	Emptied	3940 g	580 mm

Tabela 6. Relationship among weight, length and maturation stadiums of *Katsuwonus pelamis*.

The histological plates were analyzed in the UFERSA Animal Morphology Laboratory (Laboratório de Morfologia Animal – UFERSA), where they were photomicrographed in 12 plates, 180 images of the ovarian structure. They, posteriorly, were divided for each species sampled in 60 images and distributed in number of 15 images for each maturation stage.

The biometry was fulfilled from the analysis of the images in increase of 4X with micrometer unit (μm) and the structures as tunic, ducts, vessels, stroma, lumen and oocytes in different phases of development were measured by the FIJI/IMAGEJ image processing software as an aid tool in that morphologic study (SCHNEIDER, RASBAND and ELICEIRI 2012).

The structures used in that morphologic study, for macroscopic measurement, were length of right ovary (mm), length of right and left ovary (mm) and diameter of right and left ovary (mm) and for the microscopic analysis were measured the thickness of the Albugineous tunic (μm), length of the Septo (μm), thickness of the Septum (μm), area of the Stroma (μm) and the diametric dimension of oocytes in different phases of development. The level of significance of the macro and micro measurements of the ovarian structure were estimated using the t-Student test to verify the degree of significance.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Acquisition and body size

The fish were caught by fishermen using bait and rod on artisanal boats up to 330.70 nautical miles on the southwest Atlantic coast, with 04° 57' 22" S and longitude 37° 08' 13" W. Monthly a maximum number of 10 fresh samples of the fish in study, independent of sex and size, totaling a number of 100 (one hundred) specimens were acquired. The fish were stored in individual and frozen plastic bags in a thermal box with ice for transport to the UFERSA Aquatic Sanitation Laboratory (Laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA–LASA).

In the sampled population of *K. pelamis* was verified that the females had a total weight range varying from minimum 940.8 g to maximum 5,330 g (M 2819.9 ±SD 1019.9) and furcal length range varied from 393 to 670mm (M 508.6 ±SD 62.8).

The occurrence was irregular in the collection period, but with predominance of adult fish, with sexual proportion 58 males to 42 females (1.5:1) being close to ideal proportion (1:1) and without the occurrence of young fish. Batts (1972), in the study conducted in the waters of North Carolina during two years studying *K. pelamis*, got a proportion of 1M : 1F. According to Vazoller (1996) there are several factors that can act in the determination of the sexual proportion in fish, for example: mortality, growth and behavior.

3.2 Description of macroscopic ovarian morphology

The morphologic aspect of the ovary presented different characteristics in females of *K. pelamis*. In that study the ovaries presented semi-cylindrical lengthened, slightly lobulated, with oviducts that connect in the posterior portion to the urogenital pore. In the gonads located in the lateral-dorsal region of the celomatic cavity adhered by the peritoneum, the right ovary slightly surpassed the left one in length, when found in the maturation and mature stadiums. The gonads of females of *K. pelamis* presented macroscopic similarities with the gonads of other fish of the *Scombridae* family, but with few peripheral vessels as quoted in the work of *Scomberomorus cavalla* (ALVES and TOMÉ 1967).

The ovary has different macroscopic aspects about maturity stadium. A maturation scale with five different gonadal stadiums was made: Stadium I – Immature (they were not observed in the collection area), Stadium II – Initial Maturation (Figure 4a), Stadium III –

Final Mature (Figure 4b), Stadium IV – Mature (Figure 4c) and Stadium V - Emptied (Figure 4d). Raju (1964) proposed an ovarian maturation scale of 4 stadiums (Immature, Maturation, Mature and Emptied) in *K. pelamis* of the waters of Minicoy (India) and Batts (1972) proposed a scale with 5 stages (Immature, initial and final Maturation, Mature and Emptied) in *K. pelamis* of the waters of North Caroline.

The pattern of development of the ovaries of *K. pelamis* in the semi-arid region of Nordeste (Northwest) of Brazil is similar to that described for other Scombridae species such as *Thunnus maccoyii* and *Thunnus orientalis* (CHEN, CRONE and HSU, 2006; BUBNER et al., 2012).

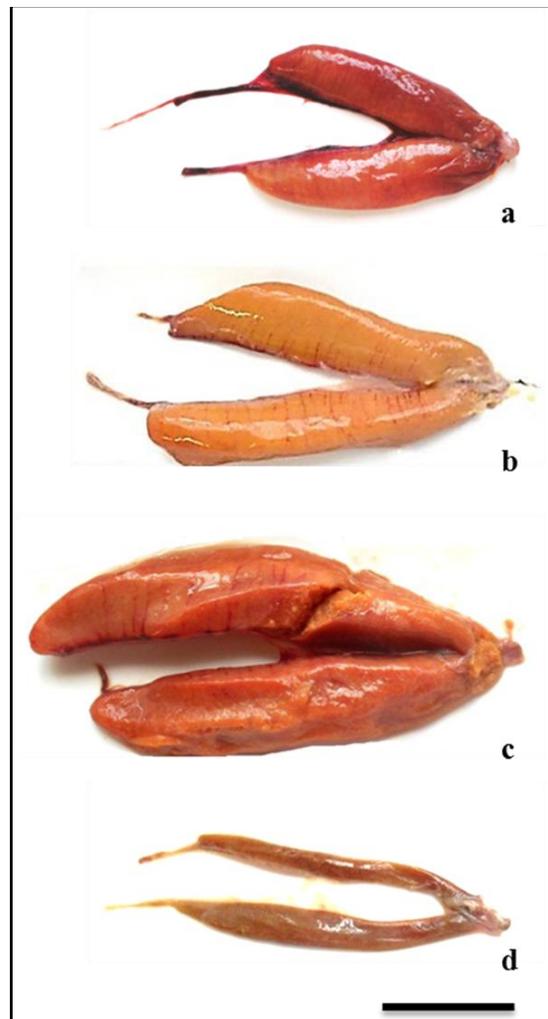


Figura 4. Macroscopic characteristics of the ovary in *Katsuwonus pelamis* in the semi-arid region in stadium II – Ovary initial maturation (figure. a), stadium III – Final maturation (figure. b), stadium IV – Mature (figure. c) and stadium V – Emptied (figure. d) (scale = 50mm).

With reference to the stadium II (initial Maturation) the ovary showed intense vascularization, occupying 2/4 of the celomatic cavity, observing the presence of few visible oocytes of opaque coloration. In the stadium III (final Maturation) the ovary was turgid with a size and size above the previous stadium occupying 3/4 of the celomatic cavity. It was noticed the presence of peripheral blood vessels of larger caliber, with yellow-orange coloration, with visualization of small oocytes. In the stadium IV (Mature) the ovary was turgid, occupying, 3/4 to 4/4 of the celomatic cavity, being noticed the presence of large and translucent oocytes, with intense orange coloration. In the ovarian body, the peripheral region projects branches of vessels that vascularize the medial portion of the gonad. In that stadium, the right gonad excels slightly the left one in length, characteristic also observed in the study of the maturative aspects of the gonads of the *S. cavalla* (ALVES E TOMÉ 1967). In the stadium V (Emptied) the ovary was with a flaccid aspect with stretches of the membranes distended and emptied of oocytes, being noticed a detachment of the albugineous tunic and occupying 2/4 of the celomatic cavity. The orange-reddish coloration, with hemorrhagic appearance, which confers the spawning.

Chellappa et al., (2010) characterized five (5) stadiums (immature, initial maturation, final maturation, mature and emptied) in *S. brasiliensis* for females in Nordeste (Northwest) of Brazil where the coloration, vascularization and space occupied in the celomatic cavity are similar the macroscopic characteristics found in that study with *K. pelamis*.

3.3 Description of microscopic ovarian morphology

The ovary presents its wall composed of distinct layers, called tunics, which is composed by fibrous connective tissue covered by mesothelium, characterized by presenting as a simple pavement epithelial tissue, presenting continuous with the simple pavement epithelial tissue of the mesovary. The albugineous tunic is the one that presents more developed in the wall of the ovary, presenting large amount of bundles of smooth muscular fibers arranged in several layers that alternate in the longitudinal and transversal planes. Among the layers of smooth muscle occurs loose connective tissue, presenting different degrees of vascularization, varying according to the stage of maturity and location, since the vascularization seems to be more intense in the inner portion of this layer.

More internally the tunic of the ovarian wall consists of epithelium varying from simple cubic to simple pavement supported on a thin layer of loose connective tissue, continuous with the one of the albugineous tunic. From the internal ovarian tunic, in the ovaries, in initial

stages of development, are projected septa that originate the lamellae towards the lumen of the ovary (Figure 5). Such structures vary in size and may have branches. In the lamellae (ovarian stroma) are oocytes in different stadium of development, circled by cell wrappings that form the follicles, being these also wrapped by continuous connective tissue with the stroma

According to the classification proposed by Redding (1993) the gonad of *K. pelamis* is characterized as cystovarian, where the ovarian lumen is in continuity with the oviduct where the oocytes are released into the external environment.

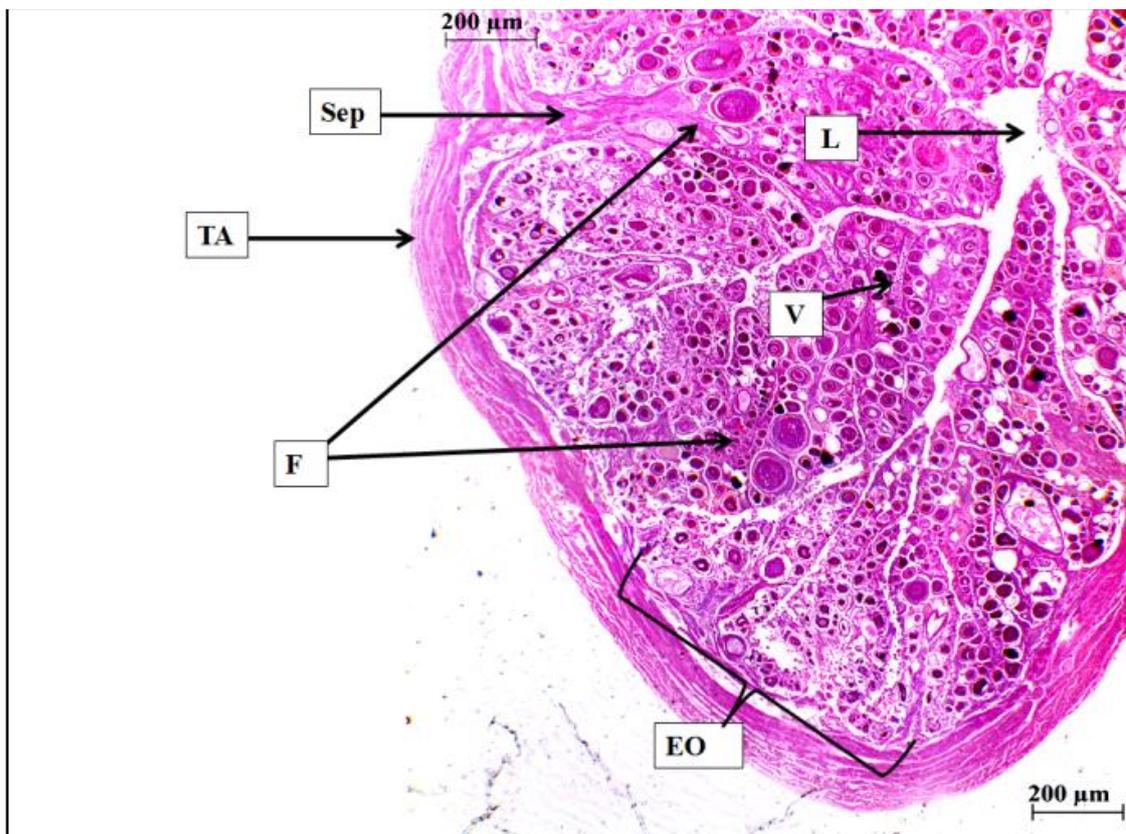


Figure 5. Photomicrography of the transversal cut of the ovaries of *Katsuwonus pelamis*, evidencing the presence of slight frizzes that confirm the semi-cylindrical format (increase of 4X). TA – albugineous tunic, Sep – septa, F – follicles, V – vessels, L – lumen, EO – ovarian stroma. (LO). HE. 4X.

In the analysis of ovarian morphology was revealed a difference 10mm length in the ovaries, where the right ovary is larger than the left one in every maturation stadiums (maturation, mature and emptied) and in the diametrical analysis of ovary was revealed a difference 10mm between maturation and mature stadiums. In the emptied stage occurred a reduction in the length of the ovary and diameter 20mm and 40mm respectively. The statistic analysis confirms that there are not significant differences in the length and diameter of the

ovaries in different maturation stages ($P < 0.05$) (See table 7). There are not studies of the macroscopic measurement of *Katsuwonus pelamis*.

MINIMUM AND MAXIMUM VALUES				
MATURATION STADIUMS	Length of the right ovary(mm)	Length of the left ovary(mm)	Diameter of the right ovary (mm)	Diameter of the left ovary (mm)
Initial maturation	150-210	140-200	60-70	60-70
Final maturation	210-220	200-210	70-80	70-80
Mature	200-250	190-230	90-100	90-100
Emptied	210-230	200-220	50-60	50-60

Tabela. 7 Macroscopic measurement (mm) of the ovary of *Katsuwonus pelamis* in different maturation stadiums.

In the histological study, the thickness (μm) of the albugineous tunic presented equal size in INITIAL and END MATURATION stadiums, not presenting significant differences ($P < 0,05$). The base of the septum is constituted of conjunctive tissue emitted from the tunic presented minimum values of 28 and maximum ones of 200 (μm) ($M=83$ and $SD=48$) and the length of the base of the tunic. The middle portion of the ovary presented distancing from the periphery presented minimum values of 795 and maximum ones of 2,484 (μm) ($M=1,5$ and $SD=135$) without significant differences ($P < 0.05$). The area of ovarian stroma where the oocytes are in different phases of development varied between 250 to 255 (μm) ($M=254$ and $SD=1,6$) in initial and final maturation stadiums (See table 8).

In the histological study, the thickness of the albugineous tunic presented a larger spacing in MATURE STAGE, when compared with maturation stadium. The minimum and maximum values of the tunic varied from 125 to 489 (μm) ($M=263.3$ and $SD=105.7$). The length of the septum projected by the tunic presented minimum size of 896 and maximum of 2,388 (μm) without difference when compared to maturation stadium ($M=1,616$ and $SD 436,6$). The differences in the size of the septum also confirm the existence of changes in the thickness of the septum with minimum values of 42 and maximum ones of 302 (μm) and filamentous irregular and slightly thin shape, starting from the peripheral base to middle portion of the ovary.

The area of the ovarian stroma presented minimum and maximum values of 225 and 489 (μm) respectively (See table 8). That stroma constituted of loose connective tissue fills

the spaces delimited by the septum and in it are the germinative cells and oocytes in different phases of development, concentrating the largest number of the oocytes in phase IV and V.

In the histological study, the thickness of the albugineous tunic presented a larger spacing in the emptied stadium, when compared to maturation and mature stadiums. The minimum and maximum values of the tunic vary from 81 to 151 (μm). The length of the septum projected by the tunic presented minimum size of 896 and maximum one of 2,388 (μm) confirming difference when compared to maturation stadium and equals with mature stadium. The differences in the size of the septum also follow the same proportion of the anterior stadium.

The areas of the ovarian stroma present minimum and maximum values of 250 and 255 (μm) respectively (See table 8). That stroma shelters germinative cells in phase I and atretic oocytes (phase VI). There were not works of measurement of the macroscopic morphology of *K. pelamis*.

MINIMUM AND MAXIMUM VALUES				
MATURATION STADIUM	Thickness of the albugineous tunic (μm)	Length of the Septum (μm)	Thickness of the Septum (μm)	Area of the Stroma (μm)
Initial Maturation	33,6-92	795-2.484	28-200	250-255
Final Maturation	33,6-92	795-2.284	28-200	150-255
Mature	125-489	896-2.388	42-302	225-489
Emptied	81-151	896-2.388	42-302	250-255

Tabela 8 Microscopic measurement (μm) of the ovary of *Katsuwonus pelamis* in different maturation stadium.

3.4 Description of the oocyte development

The oocyte development of the teleosts has been studied dividing in maturation phases and stadiums, to get a better understanding of the changes that pass the germinative cells (GANECO et al., 2001).

In females of *K. pelaimis* were observed cells denominated oocytes in different phases of development such as: nests of germ cells (phase I), Perinucleolar oocyte (phase II), Oocytes with lipid vitellogenesis (phase III), Oocytes with lipid and protein vitellogenesis (phase IV), Oocytes in full vitellogenesis (phase V) and Oocytes in atresia (phase VI) being

according to the studies fulfilled with fish of the Scombridae family, where Chellappa et al., (2010) characterized five (5) phases in *S. brasiliensis* in Nordeste (Northwest) of Brazil and Ashida and Horie (2015) with *K. pelamis* in Japan characterized five phases.

The oocytes increase their diameter in function of the changes occurred inside the oocyte cell. In that study, the oocyte diameter (μm) was similar to the work fulfilled by Grande et al (2012) that measured the oocyte of *K. pelames* in different phases of development.

In the diametral analysis of the oocytes of *K. pelamis* presented variations of size according to the different phases of oocyte development. In that study, the minimum and maximum values of the diameters (μm) of the follicles were similar to the work fulfilled by Grande et al (2012) in studies of fertility and oocyte development of *K. pelamis* in the Indian Ocean, used as reference in that study (See table 9).

Follicular development	Minimum value (μm)	Maximum value (μm)	Reference values Grande et al (2012)
Phase I (Germinative cells)	112	250	125–220
Phase II (Perinucleolar)	219	255	220–330
Phase III (Lipid vitellogenesis)	353	410	330–420
Phase IV (Lipid and protein vitellogenesis)	420	465	420–480
Phase V (Full vitellogenesis)	485	590	480–540
Phase VI (Atresia)	548	570	540–650

Tabela 9 Follicular development (μm) of *K. pelames* in different phases referenced by Grande et al (2012).

The females in initial maturation stadium, were histologically characterized as oocytes in reserve stock (phase II - perinucleolar) where the cytoplasm increases its volume becoming well defined presenting rounded aspects and because of the pressure of other cells may seem triangular, rectangular or oval. These oocytes from the reserve stock will originate the cell populations that will initiate the vitellogenesis (figure 6) and oocytes with lipid vitellogenesis (phase III – yolk vesicle formation) that comprises vitellogenesis, cell process by which the cytoplasm accumulates reserve substances forming lipid vesicles for later use in the embryo feeding, is characterized by an accelerated cytoplasm growth. The lipid deposition begins in the cortical cytoplasm near the cell membrane and is distributed throughout the cytoplasm. The nucleus does not grow in the same proportion as the cytoplasm, which indicates the evidence of intense synthesis (figure 7).

Final maturation stage was histologically characterized oocytes with lipid and protein vitellogenesis (phase IV - vitellogenesis). Oocytes characterized by lipid and protein

vitellogenesis verified by deposition of proteins in the form of acidophilic platelets that are in the periphery of the cytoplasm, granules are presented in centripetal position positioning the vacuoles towards the center of the cell. The nucleus keeps the characteristics of the previous phase differing in the format, which is irregular (figure 8).

In mature stage, oocytes were histologically found with complete vitellogenesis of protein lipids (phase V), in function of the fused proteins plaques where it is observed that the protein granules fuse changing the appearance of the plasm (figure 9).

In emptied maturation stage, two oocyte phases were histologically characterized: germinative cell group (phase I) composed by cells grouped in nests located in the ovigerous lamellae that is scarce in the cytoplasm (figure 10) and oocytes in atresia (phase VI), oocytes in absorption process, because they were not eliminated, characterized by loss of the cell turgidity, decrease of size and subsequent rupture of the yolk membrane (figure 11).

Akayli et al., (2013) evidenced in *T. alalunga* in the Eastern Mediterranean Sea five (5) stadiums (immature, initial maturation, final maturation, mature and emptied) for males, from a histological study. Bubner et al., (2012) nine (9) for females (oocytes in diploid, perinucleolar, early oocyte, advanced oocytes, migratory nucleus in hydrated oocytes I and II, atresia and rest) of *T. maccoyii* in Australia; Ashida and Horie (2015) with com *K. pelamis* in Japan characterize five (5) phases.

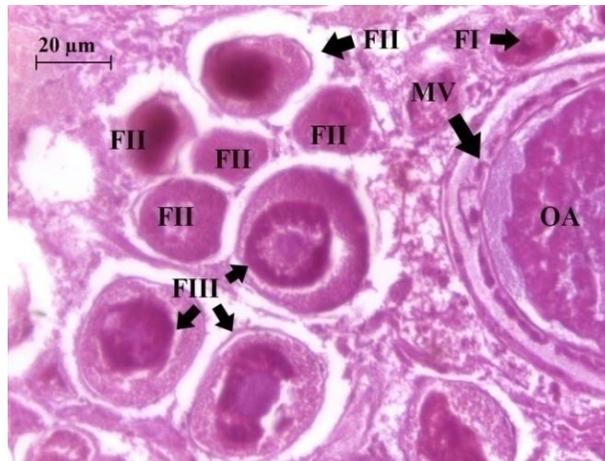


Figura 6. Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* in the semi-arid. Phase I – group of germ cells, Phase II – Oocyte in reserve stock. HE. 4X.



Figura 7. Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* Phase III – oocytes with lipid vitellogenesis. HE. 4X.

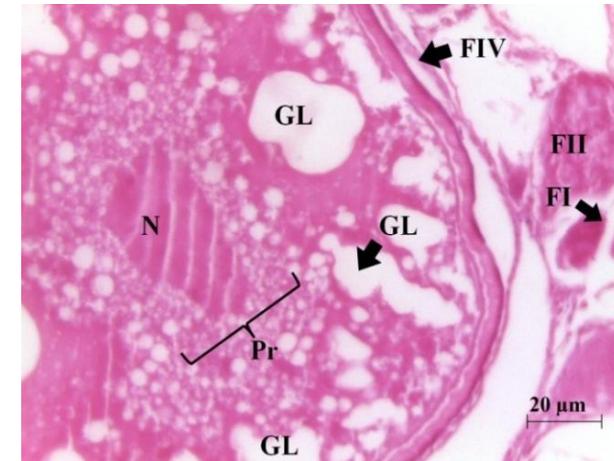


Figura 8. Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* in initial atresia phases evidencing flaccidity in the MV – vitelline membrane. HE. 4X.

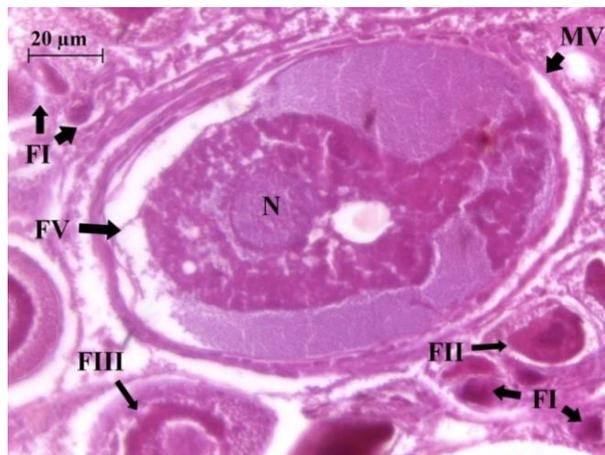


Figura 9. Photomicrography of the phases of oocyte development in Phase V – Oocyte in full vitellogenesis, N – nucleus. HE. 4X.

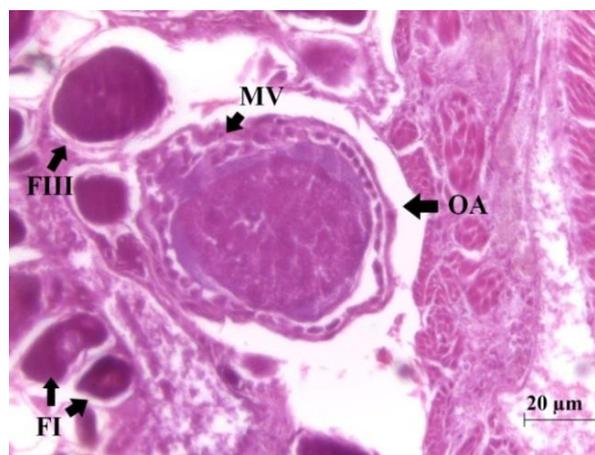


Figura 10. Photomicrography of the phases of oocyte development in Phase IV – Oocyte in lipid and protein vitellogenesis, GL – Lipid droplets, Pr - proteins. HE. 4X.



Figura 11. Photomicrography of the phases of oocyte development in *Katsuwonus pelamis* in final process of atresia (cell apoptosis) AO – atresia with amorphous aspect (figure. f). HE. 4X.

3 FINAL CONSIDERATIONS

The variations of the cytological characteristics presented by the ovarian germinative cell types in growth of *Katsuwonus pelamis* allowed the getting of six different phases of oocyte development: nests of germinative cells (phase I), perinucleolar (phase II), lipid vitellogenesis (phase III), lipid and protein vitellogenesis (phase IV), full vitellogenesis (phase V) and oocytes in atresia (phase VI).

The structure of the ovaries and the characteristics of the different phases of development of the germinative cell types and the follicular cells, revealed by the microscopic analysis during their development, allow to classify them in the cystovarian type, with an ovarian maturity scale composed by five stadiums: immaturo (it was not observed in that study), in initial maturation, in final maturation, mature and emptied.

The presence of a single batch of oocytes results in total spawning and allows the classification of the oocyte development of the species as asynchronous because it has oocytes in every state of maturation inside the ovary what allow the continuous spawning along the year.

4 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico-CNPq (Technological Scientific Development National Council) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES (Level Senior Personal Improvement Coordination) by the concession of academic scholarships to the Programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA Graduate Program in Animal Production).

REFERENCES

AKAYLI, T., F. S. KARAKULAK, I. K. Oray, R. E. YARDIMCI. "Testes development and maturity classification of albacore (*Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788) from the Eastern Mediterranean Sea." **Applied Ichthyology**, March 2013: 901–905.

ALVES, F. Luz, Tânia V. CAVALCANTE, Cristiane L. MAZZINGHY, e Francisca F. E. DIAS. "Importantes aspectos reprodutivos da espécie de peixe (jaú) *Zungaro zungaro* na

aquicultura- revisão de literatura.” **Revista Científica de Medicina Veterinária**, n. 23 (Julho 2014).

ALVES, Maria Ivone Mota.; TOME, Geraldo de Sousa. Alguns aspectos do desenvolvimento maturativo das gônadas da cavala, *Scomberomorus Cavalla* (Cuvier, 1829). **Arquivos de Ciências do Mar**. Fortaleza, v. 07, n.1, p. 1-9, jun. 1967.

ASHIDA, Hiroshi, e M. HORIE. “Reproductive condition, spawning season, batch fecundity and spawning fraction of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* caught around Amami-Oshima, Kagoshima, Japan.” **Fisheries Science** 81 (2015): 861–869.

BATTS, B. S. Food habits of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in North Carolina waters. **Chesapeake Science**, v. 3, n. 1, p. 193–200, September 1972.

BUBNER, Erin, Jessica FARLEY, Philip THOMAS, Toby BOLTON, e Abigail ELIZUR. “Assessment of reproductive maturation of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in captivity.” **Aquaculture** 3, n. 3 (2012): 82–95.

CHELLAPPA, S., JTAX Lima, A ARAÚJO, e NT CHELLAPPA. “Ovarian development and spawning of Serra *Spanish mackerel* in coastal waters of Northeastern Brazil.” **Braz. J. Biol** 70, n. 2 (2010): 451-456.

CHEN, Kuo-Shu, Paul CRONE, e Chien-Chung HSU. “Reproductive biology of female Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* from south-western North Pacific Ocean.” **Fisheries Science** 72 (2006): 985–994.

COLLETTE, B. B. A. C. E. N. **FAO species catalogue: scombrids of the world**. Rome: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, v. 2, 1983.

DIAS, M. **Guia de identificação dos atuns do atlântico**. Tradução. 1. ed. Ministério de Agricultura do Desenvolvimento Rural e da pesca: DGPA, 2008. p. 6-7.

FISHBASE. *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758). **Katsuwonus pelamis, Gaiado**: pesca, peixe esportivo, 24 fev. 2016. Disponível em: <<http://www.fishbase.se/summary/Katsuwonuspelamis>>. Acesso em: 03 set. 2016.

FONTELES FILHO, Antonio Adauto. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza - CE: Expressão gráfica e Editora, 2011.

GANECO, Luciana Nakaghi, Laura S. O. NAKAGHI, Elisabeth C. URBINATI, Redelvin DUMONT NETO, e Lucia H. VASQUES. “Análise morfológica do desenvolvimento ovocitário de piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, Durante o ciclo reprodutivo.” **Boletim do Instituto de Pesca** 27, n. 2 (2001): 131 - 138.

GRANDE, M., MURUA, H., ZUDAIRE, I. E KORTA, M. Oocyte development and fecundity type of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. **Journal of Sea Research**, v. 73, p. 117-125, 2012.

LOPES, K., e H. L. Queiroz. “Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) por meio da análise macroscópica como uma proposta para unificação destes conceitos e sua aplicação prática nas reservas Mamirauá e Amanã.” **UAKARI**5, n. 1 (Junho 2009): 39-48.

LOPES, K.; QUEIROZ, H. L. Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) por meio da análise macroscópica como uma proposta para unificação destes conceitos e sua aplicação prática nas reservas Mamirauá e Amanã. **UAKARI**, Mamirauá, v. 5, n. 1, p. 39-48, junho 2009.

MARQUES, Débora K.S., Irecê de L. ROSA, e Hélio de C. B. GURGEL. “Descrição histológica de gônadas de traíra *Hoplias malabaricus* (Bloch) (Osteichthyes, Erythrinidae) da barragem do rio Gramame, Alhandra, Paraíba, Brasil.” **Revta bras. Zool** 17 , n. 3 (2000): 573 - 582.

MENDIZABAL, M. G. The reproductive biology, condition and feeding ecology of the skipjack, *Katsuwonus pelamis*, in the Western Indian Ocean. **Availability**, Apirilaren, v. II, October 2013.

RADAEL, M. C., Paulo J. FOSSE, R. M. da SILVA, João C. FOSSE FILHO, Dalcio R. de ANDRADE, e M. V. VIDAL JUNIOR. “Descrição morfológica dos ovários do peixe *Melanotaenia boesemani* em atividade reprodutiva.” **Pesq. Vet. Bras** 36 (setembro 2016): 893-900.

REDDING, J. M., e R. Patiño. **The Physiology of Fishes**. CRC Press: Boca Raton, 1993.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S. e LICEIRI, K. W. (2012), “NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis”, *Nature methods* 9(7): 671-675, PMID 22930834 (on Google Scholar).

SILVA, A. M., OLIVEIRA, M. R. E CHELLAPPA, S. Biologia Reprodutiva do Coró, *Pomadasys corvinaeformis* Steindachner (Osteichthyes: Haemulidae) das Águas Costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 2, n. 2, p. 15-24, 2012.

SZPILMAN, Marcelo. **Peixes marinhos do Brasil: Guia prático de identificação**. 1. Rio de Janeiro: Instituto Ecológico Aqualung, 2000. 288 p.

VAZZOLER, Ana Emilia A. de M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá - PR, 1996.

CAPÍTULO III

MORFOLOGIA TESTICULAR EM DIFERENTES ESTADIOS DE DESENVOLVIMENTO DE *Katsuwonus pelamis*

Trabalho será submetido à revista:

FISHERIES RESEARCH

Página eletrônica:

<https://www.journals.elsevier.com/fisheries-research>

ISSN: 0165-7836

MORFOLOGIA TESTICULAR EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE *Katsuwonus pelamis*

José Ticiano Arruda Ximenes de Lima^{1*}; José Domingues Fontenele Neto^{1*};

Erivaldo Laurindo Gomes²; Naibe Cristina de Figueiredo²; Claudio Giovanio da Silva³

¹ Doctor. Departamento de Ciências Animais – DCAn (Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). *Mail: Avenida Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. Mossoró/RN. CEP: 59.625-900. E-mail: ticiano.ximenes@ufersa.edu.br

² Biologists, students of the Graduate Program in Animal Production. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). Mossoró-RN (Rio Grande do Norte State).

³ Graduating in Fishing Engineering. Departamento de Ciências Animais – DCAn Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid).

RESUMO

O peixe *Katsuwonus pelamis* conhecido popularmente como bonito listrado, habitam mares tropicais e temperados entre os paralelos 35°N e 35°S, estando apenas ausente no Mediterrâneo oriental e no Mar Negro. A morfologia macroscópica das gônadas identifica as características sexuais primárias e através da análise histológica identifica o desenvolvimento gametogênico suas modificações estruturais do aparelho reprodutor. Neste estudo foram efetuadas análises das gônadas de *K. pelamis* para caracterizar a estrutura morfológica em diferentes fases do desenvolvimento gonadal. Foram adquiridos aleatoriamente 100 (cem) peixes *K. pelamis* nos meses de Dezembro/2015 a Novembro/2016 na costa marítima do Sudoeste Atlântico (04° 57' 22" S e 37° 08' 13" W). Os peixes foram transportados refrigerados para o laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA – LASA para análise biométrica e análise morfológica macroscópica que se considerou formato gonadal, coloração, grau de vascularização, volume, transparência da membrana que caracterizam os estádios de desenvolvimento gonadais, e análise histológica que descreveu a estrutura gonadal e desenvolvimento espermático. Macroscopicamente, os machos apresentam um par de gônadas semicilíndricas localizadas látero-dorsalmente na da cavidade celomática. Registrou-se distinção macroscópica em três: maturação, maduro e esvaziado. Neste estudo não foram observados peixes imaturos. Foram encontradas três fases (maturação, maduro e esvaziado). A morfologia testicular apresenta diferenciações macro e microscópica para os diferentes estádios de desenvolvimento gonadal, todos são semicilíndricos, levemente lobulado e com estruturas microscópicas túnica albugínea, vasos sanguíneos, septos, compartimento tubular constituído por células de Sertoli formando cistos que são orientados para o lúmen da gônada. No estágio em maturação o testículo ocupa 1/4 da cavidade e apresenta uma vascularização periférica com coloração avermelhada, microscopicamente não apresenta esperma no lúmen. No estágio maduro o testículo ocupa 3/4 da cavidade com vascularização e coloração leitosa, microscopicamente muitos espermatozoides se encontram no tecido testicular e no lúmen. Na fase esvaziada, o tamanho da gônada é reduzida a 2/4da cavidade com aspectos flácidos, microscopicamente espermatozoides residuais.

Palavras-chave: Reprodução de peixes, Táticas reprodutivas, Bem estar, Bonito listrado

TESTICULAR MORPHOLOGY IN DIFFERENT STADIUMS OF DEVELOPMENT OF *Katsuwonus pelamis*

José Ticiano Arruda Ximenes de Lima^{1*}; *José Domingues Fontenele Neto*^{1*};
*Erivaldo Laurindo Gomes*²; *Naibe Cristina de Figueiredo*²; *Claudio Giovanio da Silva*³

¹ Doctor. Departamento de Ciências Animais – DCAn (Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). *Mail: Avenida Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva. Mossoró/RN. CEP: 59.625-900. E-mail: ticiano.ximenes@ufersa.edu.br

² Biologists, students of the Graduate Program in Animal Production. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid). Mossoró-RN (Rio Grande do Norte State).

³ Graduating in Fishing Engineering. Departamento de Ciências Animais – DCAn Department of Animal Science). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA (Federal Rural University of the Semi-Arid).

ABSTRACT

The *Katsuwonus pelamis* fish known popularly as skipjack tuna, inhabit tropical and temperate seas between the parallels 35°N and 35°S, being only absent in the Eastern Mediterranean and in the Black Sea. The macroscopic morphology of the gonads identifies the primary sexual characteristics and through of histological analysis identified the gametogenic development and their structural changes of the reproductive system. In this study analyses of the gonads of *K. pelamis* were done to characterize the morphologic structure in different phases of the gonadal development. 100 (one hundred) *K. pelamis* fish were randomly acquired in the months from December 2015 to November 2016 on the coast of the Southwest Atlantic (04° 57' 22" S and 37° 08' 13" W). The fish were transported chilled to the UFERSA-Aquatic Sanitation Laboratory (Laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA-LASA) for biometric and macroscopic morphologic analyses the was considered gonadal shape, coloring, degree of vascularization, volume, membrane transparency that characterize the stadiums of gonadal development, and histological analysis that described the gonadal structure and spermatid development. Macroscopically, the males present a pair of semi-cylindrical gonads located in the lateral dorsal of the coelomatic cavity. It was registered macroscopic distinction in three: maturation, mature and emptied. In this study were not observed immature fish. Three phases were found (maturation, mature and emptied). The testicular morphology presents macroscopic and microscopic differentiations for the different stadiums of gonadal development, all of them are semi-cylindrical, slightly lobed and with albuginous tunic microscopic structures, blood vessels, septa, estruturas microscópicas túnica albugínea, vasos sanguíneos, septos, tubular housing constituted by Sertoli's cell forming cysts that are oriented towards the lumen of the gonad. In the stadium in maturation the testicle occupies 1/4 of the cavity and present a peripheral vascularization with reddish coloring, microscopically does not present sperm in the lumen. In the emptied phase, the size of the gonad is reduced to 2/4 of the cavity with flaccid aspects, microscopically residual spermatozoa.

Keywords: Reproduction, Gonadal development, Skipjack tuna

1. INTRODUÇÃO

O semiárido possui clima caracterizado por índice pluviométrico baixo e umidade relativa do ar baixa, apresentando índice de aridez entre 0,21 a 0,50 e uma precipitação média anual entre 300 a 800 mm, com grande período de estiagem e o restante com chuvas concentradas (TROLEIS e SANTOS 2011). No Brasil, o clima semiárido ocorre entre as latitudes aproximadas de 3° a 20° S, na região Nordeste (SANTANA 2007).

Na região costeira do semiárido os peixes da família Scombridae bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus 1758) são conhecidos como: gaiado, listrão, bonito de barriga listrada ou bonito listrado (CAMPOS e ANDRADE 1998), são capturados de forma esporádica por barcos de pesca artesanal que relatam visualizações de cardumes ocasionais na área dos bancos oceânicos ao norte do Rio Grande do Norte incluindo o Ceará (HAZIM 2008).

Medidas de controle da pesca devem ser provenientes do estudo da biologia pesqueira que identificam o tamanho mínimo de captura através da correta descrição morfológica com a identificação do desenvolvimento gonadal (LOPES e QUEIROZ 2009).

Morfologicamente as gônadas modificam sua estrutura macroscópica e histológica quando se desenvolvem durante a maturidade sexual (ALVES et al., 2014). A morfologia macroscópica das gônadas identifica as características sexuais primárias (ovários e testículos) de peixes sem diferenciação sexual e através da identificação histológica do desenvolvimento gametogênico com as sucessivas modificações estruturais do aparelho reprodutor no processo de maturação gonadal da espécie se identifica o desenvolvimento reprodutivo (FONTELES FILHO 2011). Devido a poucas pesquisas na região do semiárido e da grande biodiversidade de peixes na costa do nordeste do Brasil, esse estudo visou caracterizar a estrutura morfológica em diferentes escalas de maturidade e desenvolvimento gonadal em machos de *Katsuwonus pelamis* para expandir os conhecimentos da espécie no semiárido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Aquisição de peixes e área de estudo

Mensalmente um número máximo de 10 exemplares frescos do peixe em estudo independente de sexo e tamanho foram adquiridos de pescadores que pescam com isca e vara em barcos artesanais até 330,70 milhas náuticas na costa do litoral do Sudoeste do Oceano

Atlântico entre latitude 0°22'32"N e longitude 37°50'38"W. Os peixes foram armazenados e refrigerados em caixa térmica com gelo para transporte até o Laboratório de Sanidade Aquática da UFERSA – LASA, para biometria, identificação da espécie e análise morfológica.

2.2 Biometria e descrição morfológica e histológica das gônadas

Foi realizada uma incisão na abertura urogenital percorrendo o encontro das musculaturas (linha Alba) da região ventral até a região anterior da cabeça no limite da cavidade celomática; o órgão gonadal foi exposto e possibilitou a identificação do sexo através da inspeção visual das características sexuais primárias das gônadas (VAZZOLER 1996). As gônadas foram retiradas, pesadas, medidas e observadas quanto seus aspectos macroscópicos para caracterizar os estádios de desenvolvimento gonadal, observaram-se formato gonadal, coloração, grau de vascularização, volume, peso, transparência da membrana e a presença do conteúdo espermático para os machos (SILVA, OLIVEIRA e CHELLAPPA 2012).

Para descrever morfologia histológica, as gônadas em diferentes fases de desenvolvimento gonadal foram cortadas transversalmente fragmentos (25 mm) das porções cefálica, mediana e caudal de testículos e ovários foram devidamente fixados em solução de formol 10% neutralizado por 24 horas, posteriormente transferido para álcool 70% para conservação até o processamento histológico (CHELLAPPA et al., 2010). O processamento seguirá metodologia de Marques, Rosa e Gurgel(2000). A descrição morfo-histológica foi realizada por meio de observação microscópica das lamina das gônadas em diferentes fases de desenvolvimento gametogênico para descrevera estrutura gonadal (RADAEL et al., 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Aquisição e tamanho corporal

A aquisição aleatória de peixes *K. pelamis* ocorreu de Dezembro/2015 a Novembro/2016 na área Semiárida do Sudoeste Atlântico (04° 57' 22" S e 37° 08' 13" W) totalizou 100 (cem) peixes.

Na população amostrada na região de clima semiárido de *K. pelamis* se verificou que os machos apresentaram uma amplitude de peso total variando de 1852,8 a 10.100,0g (M 3625,8 \pm SD 1767,0) e comprimento furcal variando de 420 a 770 mm (M 533,9 \pm SD 72,2).

A espécie *K. pelamis* amostrada apresentou ocorrência irregular por não ter números constantes no período de coleta, porém teve predominância de peixes de machos adultos com 58 machos para 42 fêmeas(1,5:1) ficando próximo da proporção ideal (1:1). Batts (1972) no estudo realizado nas águas da Carolina do Norte durante dois anos estudando *K. pelamis*, obteve uma proporção de 1M : 1F. Segundo Vazoller (1996) existem diversos fatores que podem atuar na determinação da proporção sexual nos peixes, estes são: mortalidade, crescimento e o comportamento.

3.2 Descrição da morfologia macro e microscópica do testículo

As gônadas do macho de *K. pelamis* macroscopicamente apresenta a estrutura composta por dois testículos alongados, semicilíndrico, com bordas e superfícies lisas e se unem formando um ducto espermático que se exterioriza através da papila urogenital.

Os testículos se encontram na região látero-dorsal da cavidade celomática aderidos pelo peritônio, e o testículo direito supera em comprimento o nos estádios de maturação. Ashida et al., (2010) definiu o testículo do *K. pelamis* como bilobado e o ducto espermático principal está localizado na cavidade do testículo com projeções para a túnica periférica.

A irrigação sanguínea, volume e coloração variam conforme as fases de desenvolvimento gonadal. O ducto testicular está localizado na periferia testicular e atua como uma área de estocagem de espermatozoides. Os túbulos seminíferos esvaziam seu conteúdo diretamente no ducto testicular principal.

Histologicamente, os testículos são revestidos externamente por uma túnica albugínea, que são constituídas por uma cápsula de tecido conjuntivo, fibras musculares lisas e vasos sanguíneos. Essa túnica emite projeções para o interior do testículo formando os compartimentos germinativos do tipo tubular anastomosado (Figura 12), pois, de acordo com Grier (1993) em tubular anastomosado, caracterizado por apresentar compartimentos germinativos interconectados, formando uma rede altamente ramificada, que não termina na periferia testicular.

Os testículos são organizados em lóbulos o que caracteriza espermatogônias distribuídas ao longo do epitélio germinativo, composto por compartimentos germinal que terminam na periferia do testículo que são orientados para o lúmen da gônada. Cada lóbulo

contém inúmeros túbulos seminíferos, que formam um emaranhado tubular que concentra para dentro do ducto.

A espermatogênese é cística. O epitélio germinativo é constituído por células germinativas e células de Sertoli, apoiadas em uma membrana basal que reveste o compartimento germinativo e limita uma cavidade ou lúmen.

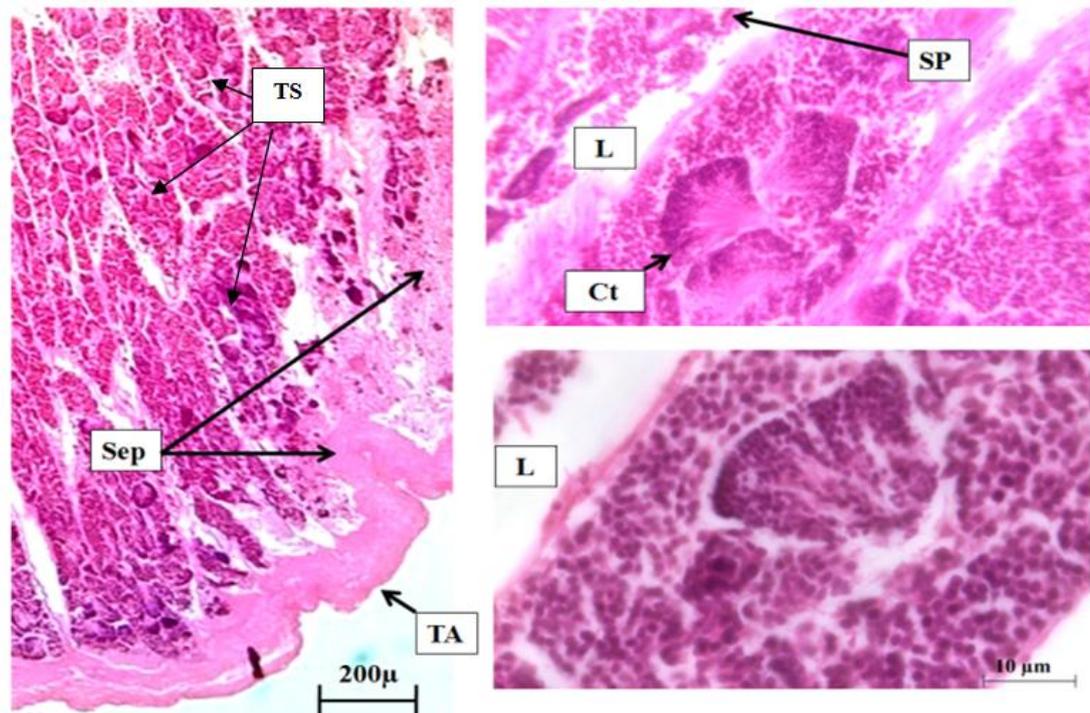


Figura 12. Morfologia testicular de *K. pelamis* no semiárido (A) um corte histológico transversal mostrando as leves ondulações que confirmam o formato semicilíndrico (aumento de 4X). TA – Túnica albugínea, Sep – septos, L – lúmen, TS – túbulo seminífero, SP - espermatozóide e CT – cistos. Morfologia testicular (B) um corte histológico transversal. Fonte do autor (2017).

Nesse estudo, as gônadas de machos de *K. pelamis* apresentam semelhanças macroscópicas com as gônadas de outros peixes da família scombridae (figura 18.c), porém observando poucos vasos periféricos como nos trabalhos de *Scomberomorus cavala* (ALVES e TOMÉ 1967) no norte e nordeste do Brasil e com *Scomberomorus brasiliensis* (CHELLAPPA et al., 2010).

O testículo possui diferentes aspectos macroscópicos conforme o estágio de maturidade, onde foi confeccionada uma escala de maturação composta de 4 diferentes estádios gonadais: Estádio I – Imaturo (não observados nesse estudo), Estádio II–Maturação (Figura 12.a), Estádio III- Maduro, (Figura 12.b) Estádio IV –Esvaziado (figura 12.c).

O numero de estádios de maturação pode variar entre as espécies, Baird (1977) estudando *Scomber japonicus* caracterizou macroscopicamente sete (7) estádios (imaturado, maturação inicial, maturação final, maduro inicial, maduro final e esvaziado) para machos na África do Sul; Ashida et al., (2010) com *K. pelamis* evidenciando cinco (5) estádios para machos (imaturado, maturação precoce, maturação média, maturação tardia e esvaziado).

O padrão de desenvolvimento das gônadas de *K. pelamis* no semiárido do Brasil é similar ao descrito para outras espécies de scombridae como o *Thunnus maccoyii* e *Thunnus orientalis* (BUBNER et al., 2012; CHEN, CRONE e HSU, 2006).

A avaliação maturidade dos peixes é embasada nas alterações no epitélio germinativo associadas aos estágios das células germinativas permitiu nesse estudo a definição de três estádios de maturação gonadal, sendo estes: maturação (figura 13), maturação (figura 13) e esvaziado (figura 13) de acordo com a classificação de Grier e Taylor (1998) (Ver tabela 10).

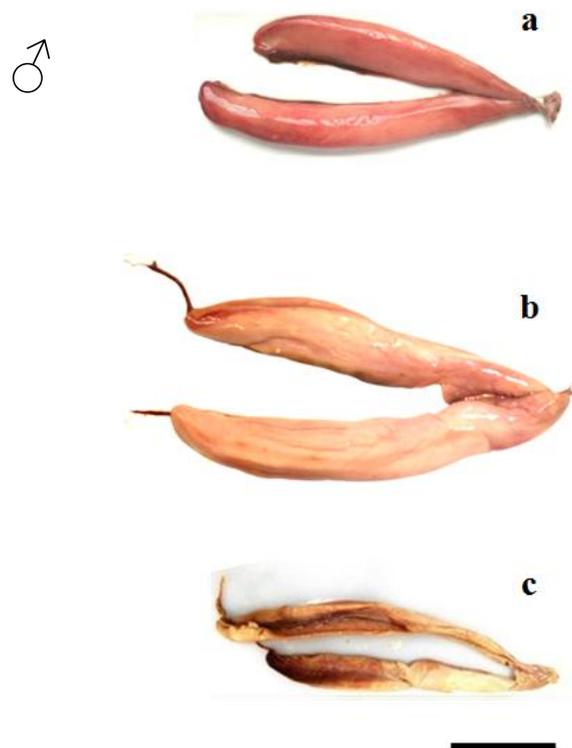


Figura 13. Características macroscópicas do testículo em *Katsuwonus pelamis* no semiárido em Estádio II – Maturação (fig. a), estágio III – maduro (fig. b) e fase IV – esvaziado (fig. c).

Ashida et al., (2010) caracterizou cinco (5) fases de maturação a partir de estudos histológicos por meio da evolução do processo espermatogênico e as alterações morfológicas no epitélio germinativo de *K. pelamis*.

Estádios de maturação	Características macroscópicas	Características microscópicas
Estádio II (Maturação)	Os testículos se mostraram opacos de coloração rosa, com sinais de vascularização e irrigação sanguínea evidente, ocupando 2/4 da cavidade celomática. O aspecto testicular consistente e estrutura lisa.	As espermatogônias indiferenciadas, são observadas individualmente ao longo de toda a extensão dos túbulos ou formando estruturas espermatogoniais (ninhos), as demais células germinativas se desenvolvem dentro de cisto. Os túbulos se encontram com poucos espermatocistos contendo células germinativas (espermatogônias, espermatócitos e espermátides), que se dividem ativamente no decorrer da espermatogênese.
Estádio III (Maduro)	Os testículos se apresentavam túrgidos, esbranquiçados e ocupam 3/4 da cavidade celomática.	Os túbulos nesta fase se encontram repleto de espermatozoides no lúmen. Na região central do testículo o epitélio germinativo se mantém contínuo com a presença de espermatocistos em diferentes estágios de desenvolvimento, espermatogônias indiferenciadas.
Estádio IV (Esvaziado)	Os testículos encontraram-se flácidos e esbranquiçados voltando a ocupar 2/4 da cavidade celomática.	Presença de espermatozoides residuais estão presentes no lúmen, que nesta fase se encontra reduzido e praticamente ausente em algumas regiões do testículo; As células de Sertoli estão bem evidentes.

Tabela 10 Características do desenvolvimento testicular macroscópico microscópico do *Katsuwonus pelamis*.

Nesse estudo não foram capturados indivíduos jovens imaturos na costa do semiárido. Porém, os imaturos foram evidenciados na Cadeia Norte do Brasil e no Arquipélago de Fernando de Noronha em estudo feito com distribuição de larvas de *K. pelamis* na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil, por conta da ocorrência de ressurgências topográficas, causadas por ilhas e montes submarinos, que promove a concentração de nutrientes inorgânicos (PINTO et al., 2002) (figura 14).

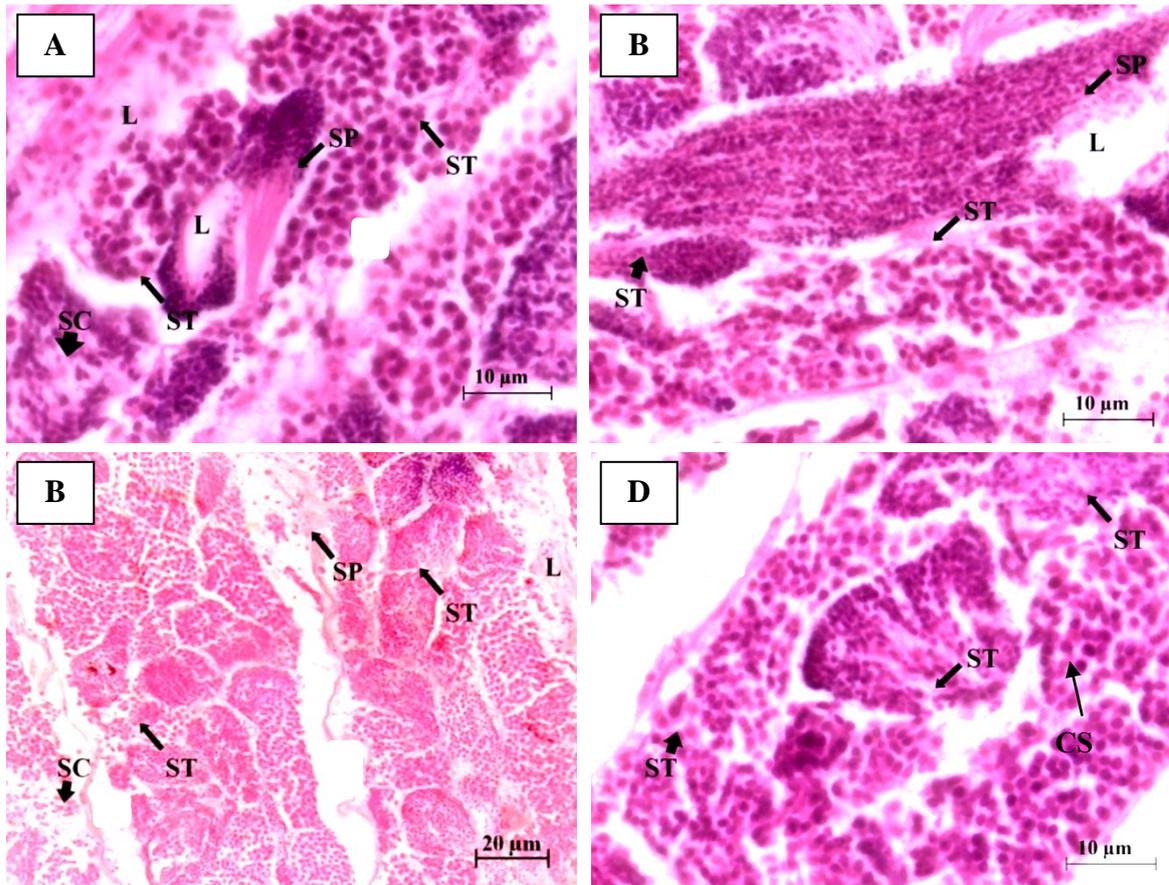


Figura 14. Características microscópicas do testículo em *Katsuwonus pelamis* no semiárido. Fases microscópicas do testículo em maturação (fig. A), maduro (fig. B), esvaziado (fig. C e D). L – lúmen, SC – espermatocistos, SP – espermatozóides, ST espermatídes, células de Sertoli (CS). HE. 4X.

Akayli et al., (2013) evidenciou em *T. alalunga* no mar Mediterrâneo oriental cinco (5) estádios (imaturo, maturação inicial, maturação final, maduro e esvaziado) para machos, a partir de um estudo histológico. Bubner *et al.*, (2012) evidenciou cinco (5) estádios para machos (imaturo, maturação, maduro, esvaziado e regressão) tendo por base a evolução dos gametas e a presença de espermatozóide no lúmen de *T. maccoyii* na Austrália.

4. CONCLUSÃO

O estudo determinou que a morfologia testicular apresenta diferenciações macro e microscópica para os diferentes estádios de desenvolvimento gonadal, todos são semicilíndricos, levemente lobulado e com estrutura microscópica túnica albugínea, que são constituídas por uma cápsula de tecido conjuntivo, fibras musculares lisas e vasos sanguíneos. No interior do órgão, os septos delimitam o compartimento tubular constituído por células de Sertoli formando cistos terminam na periferia do testículo que são orientados para o lúmen da gônada. No estágio em maturação o testículo ocupa 1/4 da cavidade celomática e apresenta uma vascularização periférica o que confere uma coloração avermelhada, microscopicamente presença de esperma no tecido testicular, mas não no lúmen. No estágio maduro o testículo ocupa 3/4 da cavidade celomática com vascularização reduzida evidenciando uma coloração leitosa, microscopicamente muitos espermatozoides se encontram no tecido testicular e no lúmen. Na fase esvaziada, o tamanho da gônada é reduzida a 2/4da cavidade celomática com aspectos flácido, microscopicamente espermatozoides residuais e espermatogônia em atividade.

Desse modo, esse estudo contribuiu compreensão da estrutura morfológica e as modificações testicular de *Katsuwonus pelamis*, servindo como base para expandir os conhecimentos da espécie no semiárido.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao Programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AKAYLI, By T., F. S. KARAKULAK, I. K. Oray, R. E. YARDIMCI. "Testes development and maturity classification of albacore (*Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788) from the Eastern Mediterranean Sea." **Applied Ichthyology**, March 2013: 901–905.

ALVES, F. Luz, Tânia V. CAVALCANTE, Cristiane L. MAZZINGHY, e Francisca F. E. DIAS. “Importantes aspectos reprodutivos da espécie de peixe (jaú) *Zungaro zungaro* na aquicultura- revisão de literatura.” **Revista Científica de Medicina Veterinária**, n. 23 (Julho 2014).

ALVES, M. I. Mota, e TOMÉ, G. de Souza. “Alguns aspectos de desenvolvimento maturativo das gônadas da cavala, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier, 1829).” **Arq. Est. Biol. Mar** 1, n. 7 (Julho 1967): 1 - 9.

ASHIDA, Hiroshi, T. TANABE, Keisuke SATOH, Atsushi FUKUI, Sho TANAKA, e Nobuhiro SUZUKI. “Reproductive biology of male skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) in the tropical western and central Pacific Ocean.” **Fisheries Science** 76 (2010): 785–793.

BATTS, B. S. Food habits of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in North Carolina waters. **Chesapeake Science**, v. 3, n. 1, p. 193–200, September 1972. ISSN 10,2307 / 1.351.063.

BAIRD, D. “Age, Growth and Aspects of Reproduction of the Mackerel *Scomber Japonicus* in South African Waters (Pisces: Scombridae).” **Zoologica Africana** 44, n. 2 (1977): 17.

BUBNER, Erin, Jessica FARLEY, Philip THOMAS, Toby BOLTON, e Abigail ELIZUR. “Assessment of reproductive maturation of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) in captivity.” **Aquaculture** 3, n. 3 (2012): 82–95.

CAMPOS, R.O., e H.A. ANDRADE. “Uma metodologia para estimativa de captura por área de pesca a partir de dados pouco Informativos: o caso da pescaria de bonito Listrado (*Katsuwonus pelamis*) na costa do Brasil.” **Notas tec. Facimar**, n. 2 (1998): 61-69.

CHELLAPPA, S., JTAX Lima, A ARAÚJO, e NT CHELLAPPA. “Ovarian development and spawning of Serra *Spanish mackerel* in coastal waters of Northeastern Brazil.” **Braz. J. Biol** 70, n. 2 (2010): 451-456.

CHEN, Kuo-Shu, Paul CRONE, e Chien-Chung HSU. “Reproductive biology of female Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* from south-western North Pacific Ocean.” **Fisheries Science** 72 (2006): 985–994.

FONTELES FILHO, Antonio Aduato. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza - CE: Expressão gráfica e Editora, 2011.

GRIER, H. J. “Comparative organization of Sertoli cells including the Sertoli cell barrier.” In: *The Sertoli cell*, por L. D. & Griswold, M. D. Russell, 704-739. London: Elsevier Academic Press, 1993.

GRIER, J. H.; TAYLOR, R. G. Testicular maturation and regression in the common snook. **Journal of Fish Biology**, v. 53, n. 1, p. 521–542, 1998.

HAZIM, Fábio Hissa Vieira. Grandes peixes pelágicos no nordeste (Atuns, agulhões e tubarões). 1. Rio Grande: **MMA - REVIZEE**, 2008.

LOPES, K., e H. L. QUEIROZ. “Uma revisão das fases de desenvolvimento gonadal de pirarucus *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) por meio da análise macroscópica como uma proposta para unificação destes conceitos e sua aplicação prática nas reservas mamirauá e amanã.” **UAKARI**5, n. 1 (Junho 2009): 39-48.

MARQUES, Débora K.S., Irecê de L. ROSA, e Hélio de C. B. GURGEL. “Descrição histológica de gônadas de traíra *Hoplias malabaricus* (Bloch) (Osteichthyes, Erythrinidae) da barragem do rio Gramame, Alhandra, Paraíba, Brasil.” **Revta bras. Zool** 17, n. 3 (2000): 573 - 582.

PILLAI, B. N. G. K., JABBAR, e J. V. MALLIA AND A. I. MUHSIN. “An abnormal hermaphroditic skipjack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) from Agatti coast, Lakshadweep, India.” **Indian J. Fish**54, n. 2 (Jun 2007): 239-241.

PINTO, N. Cesar TOSTA, Paulo MAFALDA JUNIOR, C. MEDEIROS, Gilson MOURA, e Cristiane S. de SOUZA. “Distribuição de larvas de *K. pelamis* (PISCES, SCOMBRIDAE), em larga escala, na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil.” **Tropical Oceanography** 30, n. 2 (2002): 119-131.

RADAEL, M. C., Paulo J. FOSSE, R. M. da SILVA, João C. FOSSE FILHO, Dalcio R. de ANDRADE, e M. V. VIDAL JUNIOR. “Descrição morfológica dos ovários do peixe *Melanotaenia boesemani* em atividade reprodutiva.” **Pesq. Vet. Bras** 36 (setembro 2016): 893-900.

SANTANA, Marcos Oliveira. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação no Brasil**. Brasília : MMA, 2007.

SILVA, A. de Medeiros e, M. R. de OLIVEIRA, e S. CHELLAPPA. “Biologia reprodutiva do coró, *Pomadasys corvinaeformis* Steindachner (Osteichthyes: Haemulidae) das águas costeiras do Rio Grande do Norte, Brasil.” **Biota amazônia** 2, n. 2 (Julho 2012): 15-24.

TROLEIS, Adriano Lima, e Ana C. V. dos SANTOS. **Estudos do Semiárido**. 2. Natal - RN: EDUFRN, 2011.

VAZZOLER, Ana Emilia A. de M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá - PR, 1996.