

**RAILMA MARIA VILANOVA ROCHA QUEIROZ**

**IDADE, CRESCIMENTO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE VOADOR-  
HOLANDÊS *Cheilopogon cyanopterus* DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO  
PAULO.**

**RECIFE,  
2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**IDADE, CRESCIMENTO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE VOADOR-  
HOLANDÊS *Cheilopogon cyanopterus* DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO  
PAULO.**

**Railma Maria Vilanova Rocha Queiroz**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> ROSANGELA PAULA  
TEIXEIRA LESSA**  
Orientador

**Prof. Dr. FRANCISCO MARCANTE  
SANTANA DA SILVA**  
Co-orientador

**Recife,  
Julho/2012**

Ficha Catalográfica

Q3i

Queiroz, Railma Maria Vilanova Rocha

Idade, Crescimento e Biologia Reprodutiva do peixe voador-holandês *Cheilopogon cyanopterus* do Arquipélago de São Pedro e São Paulo / Railma Maria Vilanova Rocha Queiroz. – Recife, 2012.

86 f. : il.

Orientador (a): Rosângela Paula Teixeira Lessa.

Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife, 2012.

Referências.

1. Peixe-voador 2. Idade e crescimento 3. Microestrutura  
4. Reprodução 5. Dinâmica de Populações Marinha I. Lessa,  
Rosângela Paula Teixeira, Orientadora II. Título

CDD 639.3

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA**

**IDADE, CRESCIMENTO E BIOLOGIA REPRODUTIVA DO PEIXE VOADOR-  
HOLANDÊS *Cheilopogon cyanopterus* DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO  
PAULO.**

**Railma Maria Vilanova Rocha Queiroz**

Dissertação julgada adequada para obtenção do  
título de mestre em Recursos Pesqueiros e  
Aquicultura. Defendida e aprovada em  
27/07/2012 pela seguinte Banca Examinadora.

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. ROSANGELA PAULA TEIXEIRA LESSA**

(Orientadora)

Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. FRANCISCO MARCANTE SANTANA DA SILVA**

(Co-orientador)

Unidade Acadêmica de Serra Talhada  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> FLÁVIA LUCENA FRÉDOU**

Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

**Prof. Dr. HUMBER AGRELLI DE ANDRADE**

Departamento de Pesca e Aquicultura  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Aos meus dois grandes amores: Minha filha Laura e  
meu marido João Victor.*

## **Agradecimentos**

A Deus, por renovar a minha fé a cada manhã;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado;

A Dra. Rosângela Lessa por confiar a mim a missão de desenvolver tão importante trabalho;

Ao meu co-orientador, Dr. Francisco Santana, pelo seu dinamismo e generosidade;

A Dra. June Ferraz Dias pela boa vontade e prontidão com que aceitou o convite de vir até Recife nos ensinar biologia reprodutiva dos actinopterygii.

Aos meus pais, José Rocha e Raimunda Vilanova, pelo exemplo de retidão e amor incondicional;

Aos meus sogros João Queiroz e Alice Jansen por todo o apoio durante esta caminhada.

A meu querido esposo João Victor, por sua dedicação, paciência e carinho;

A toda minha família, em especial, às minhas queridas irmãs, Goreth e Karyna, pelo apoio e incentivo nas horas difíceis;

Aos meus queridos amigos Jonas Rodrigues, Andressa Melo, Rayd Ivanoff e Camila Rodrigues, por fazerem parte da minha vida profissional e pessoal de maneira especial;

Aos meus colegas de laboratório pelas experiências compartilhadas, Maria Lúcia, Renata Mendes, Dante Freitas, Jones Santander, Rodrigo Barreto, Paulo Duarte, Pedro Gomes, Tiago Veiga, Rafael Santiago e Kaio Lopes.

A todos aqueles que contribuíram para que a execução deste trabalho fosse possível.

## Resumo

Este trabalho teve como objetivo estudar a idade, o crescimento e a reprodução do peixe-voador-holandês *Cheilopogon cyanopterus* na região oceânica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo onde essa espécie desempenha relevante papel ecológico, atuando como importante elo da cadeia trófica epipelágica. Durante os anos de 1995 a 2009, foram capturados principalmente por atração luminosa 4094 espécimens. Para estimativas de idade e crescimento foi analisada a microestrutura do otólito lápilo de 277 indivíduos, onde o número de microincrementos variou de 14 a 383 para indivíduos com comprimento zoológico (CZ) compreendido entre 4,6 e 36,1 cm. O método “validação com idade conhecida” foi utilizado para validar a periodicidade de formação dos microincrementos o que revelou deposição diária desde a fase embrionária ( $t$ -test,  $df = 1$   $t_{s,a} = 0,7973$ ;  $t_{s,b} = 0,9729$ ;  $p = 12,7$ ). Os dados de idade e comprimento foram ajustados a quatro modelos de crescimento, von Bertalanffy, Gompertz, Logístico e Richards. Segundo critério de informação Akaike e peso Akaike, o modelo de Gompertz é o que melhor descreve o crescimento *C. cyanopterus*, explicando 91,5% do crescimento desta espécie. Obteve-se para esse modelo os parâmetros:  $L_{\infty} = 30,4$  cm CZ;  $k = 0,014$  e  $a = 2,53$ . A análise dos índices gonadais indicou que o período de desova ocorre entre outubro e maio, com pico em março. A fecundidade total e por lote variou respectivamente de 24670 a 77409 e 2618 a 66961, com média de 2,2 lotes eliminados durante o período reprodutivo. A maturação gonadal começa a ocorrer em indivíduos de 22,05 cm CZ, com 90 dias de idade. A análise histológica das gônadas mostrou que 28% das fêmeas encontravam-se maduras/hidratadas e as demais desovadas. A presença concomitante de diferentes fases de desenvolvimento ovocitário nos cortes histológico das gônadas permitiu classificar o desenvolvimento dos ovócitos como sincrônico em mais de dois grupos, e a desova como parcelada.

**Palavras-chave:** Peixe-voador, idade e crescimento, microestrutura e reprodução.

## Abstract

The aim of this work was to study age, growth and reproduction of the margined flyingfish *Cheilopogon cyanopterus* in the area of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA, Brazil), where this species has a relevant ecological role, acting as an important link in the epipelagic food chain. During the years 1995 to 2009, were captured mainly by light attraction 4094 specimens. To estimate age and growth was analyzed lapilli otoliths microstructure of 277 individuals, where the number of microstructures ranged from 14 and 383 to individuals with 4.6 to 36.1 cm FL. The “known-age” method was employed for validation of microstructures deposition periodicity, demonstrating a daily formation starting from hatching (Student’s t-test,  $df = 1$   $t_{s,a} = 0.7973$ ;  $t_{s,b} = 0.9729$ ;  $p = 12,7$ ). Pairs of age-length data were fitted to four growth models: von Bertalanffy, Gompertz, Logistics and Richards. Based on Akaike’s information criterion and Akaike weight, the Gompertz model best described *C. cyanopterus* growth, explaining 91.5% of growth for the species. The following parameters were derived for that model:  $L_{\infty} = 30.4$ ;  $k = 0.014$  e  $a = 2.53$ . The reproductive aspects were described using macro and microscopic analysis of the gonads. The analysis of gonadal indices indicated that the spawning season occurs between October and May, with peak March. The total fecundity and Batch fecundity ranged from 24670 to 77409 and 2618 to 66961, respectively, with average of 2.2 lots eliminated during the reproductive period. The maturation occurs in individuals of 22.05 cm CZ with 90 days of age. Histological analysis of gonads showed that 28% of females were mature/hydrated and 72% spawning. The concomitant presence of different stages of oocyte development in histological sections of the gonads which allowed the development of oocytes classified as synchronous in more than two groups, and as batch spawning.

**Key words:** Flyingfish, age and growth, microstructure and reproduction.

## Lista de figuras

	Página
Figura 1- Exemplar do peixe-voador-holandês, <i>Cheilopogon cyanopterus</i> .....	14

## Lista de figuras (Artigo I)

	Página
<b>Figure 1-</b> Location of Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA, Brazil) in Atlantic Ocean.....	33

<b>Figure 2-</b> Length-frequency distribution of <i>Cheilopogon cyanopterus</i> , around Archipelago Saint Peter and Saint Paul (SPSPA, Brazil) in 2008 and 2009; frequency of occurrence by sex of specimens caught with aid of light attractors (red bars) males and (green bars) females (A); individuals collected from regurgitations of sea birds (B).....	37
---	----

<b>Figure 3-</b> Relationship between number of microincrements counted on otoliths from specimens of <i>Cheilopogon cyanopterus</i> , reared in laboratory and known-age (n = 94).....	38
---	----

<b>Figure 4-</b> Lapillus otolith from <i>Cheilopogon cyanopterus</i> of an individual measuring 29.6 cm FL in the Archipelago Saint Peter and Saint Paul (SPSPA, Brazil); Preparation on sagittal plane (p = posterior, a = anterior, d = dorsal, v = ventral) (100x) (A); n = nucleus (B); Dotted line – increment count axis (C); edge of lapillus (400x) (D).....	39
---	----

<b>Figure 5-</b> Age composition of <i>Cheilopogon cyanopterus</i> sampled in the area of the Archipelago Saint Peter and Saint Paul (SPSPA, Brazil) from 2008 to 2009.....	40
---	----

<b>Figure 6-</b> Growth curves for flyingfish <i>Cheilopogon cyanopterus</i> , caught in the area of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA, Brazil).....	41
--	----

## Lista de figuras (Artigo II)

	Página
Figura 1- Localização do Arquipélago São Pedro e São Paulo (ASPSP, Brasil) no Oceano Atlântico.....	58

Figura 2- Distribuição da frequência de comprimentos do peixe-voador <i>C. cyanopterus</i> coletados na região do ASPSP, durante os anos de 1997 a 2009.....	61
--	----

Figura 3- Relação peso total-comprimento zoológico para o peixe-voador <i>C. cyanopterus</i> na região do ASPSP.....	62
--	----

Figura 4- Variação mensal dos fatores de condição K (linha azul) e do fator somático Ks (linha vermelha) para fêmeas (A) e machos (B) para o peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.....63

Figura 5- Variação mensal do Índice Gonadal (IG) para fêmeas (A) e machos (B) do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.....64

Figura 6- Variação mensal do Índice gonadosomático (IGS) (■ média; Barras verticais: média ± 0,95 Conf. Interval) para fêmeas (A) e machos (B) do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.....65

Figura 7- Fecundidade total e fecundidade por lote em função do peso das gônadas do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.....66

Figura 8- Distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP (Barra azul – ovócitos pré-vitelogênicos; Barras verde – ovócitos vitelogênicos; Barras vermelha – ovócitos hidratados).....67

Figura 9- Diagrama de dispersão e regressão logística ajustada à frequência relativa de indivíduos adultos por classe de comprimento (linha tracejada indica o comprimento médio de maturação gonadal) do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.....68

Figura 10- Cortes histológicos do ovário de do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP, onde se observam ovócitos hidratados- OH (A) e folículo pós-ovulatórios- FPO (B). Aumento 10x.....69

Figura 11- Cortes histológicos do ovário do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP, onde se observam ovócitos em várias fases de desenvolvimento. A) ovócito cromatina nucleolar-OCN (4x), B) ovócitos perinucleolar-OPN (40x), C) ovócito vitelogêneses lipídica-OVL (10x), D) ovócito em vitelogêneses proteica-OVP (10x), E) Filamentos coriônicos-FC (10x). E estruturas derivadas. F) folículo atrésico-FA (40x).....70

## Lista de tabelas (Artigo I)

Página

**Table 1-** Growth models and parameters estimated for *Cheilopogon cyanopterus*;  $L_{\infty}$  – asymptotic length (cm); k – growth constant;  $t_0$  – theoretical age at which fish has zero length (day); SE – standard error; CI – confidence interval.....41

**Table 2-** Growth models and values calculated for Akaike's information criterion (AIC), Akaike difference ( $\Delta i$ ) and Akaike weight ( $w_i$ ).....41

## Sumário

Página

Dedicatória

Agradecimento

Resumo

Abstract

Lista de figuras

Lista de tabelas

1- Introdução.....	13
2- Revisão de literatura.....	15
3- Referência bibliográfica.....	23
4- Artigo científico I.....	29
4.1- Normas da Revista Journal of the Marine Biological (JMBA).....	49
5- Artigo científico II.....	55
5.1- Normas da Revista Fishery Bulletin.....	80
6- Síntese dos resultados obtidos e recomendações.....	84

## 1- Introdução

A família Exocoetidae é composta por um grupo bastante diversificado com cerca de 50 espécies de peixes-voadores, que são comuns e abundantes em águas tropicais e subtropicais, sendo considerado importante recurso pesqueiro em diversas regiões do mundo. São facilmente identificados por apresentar as nadadeiras peitorais expandidas, utilizadas para emergir rapidamente da água e planar por longas distâncias, sendo essa habilidade um mecanismo natural de defesa para fugir de predadores (DAVENPORT, 1994).

Os peixes voadores apresentam variação na sua história de vida e biologia reprodutiva. Apesar de todas as espécies serem ovíparas, algumas apresentam estruturas especializadas que permitem a fixação dos ovos a objetos flutuantes, enquanto outras liberam seus ovos flutuantes na superfície do mar aberto (COLLETTE et al., 1984). No entanto, algumas espécies voltam ou continuam a ocupar habitats costeiros para completar seu ciclo de vida, enquanto outras passam a vida inteira longe da costa, em habitats pelágicos (LEWALLEN et al., 2011). Porém, uma característica inerente a este grupo refere-se ao curto ciclo de vida e ao crescimento acelerado dessas espécies.

Na região oceânica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPS), cinco espécies de peixes-voadores são comumente encontradas, entre elas *Cheilopogon cyanopterus* (Sinonímia: *Cypselurus cyanopterus*) vulgarmente conhecido como voador-holandês (Fig. 1), que se agrega nessa área principalmente durante o período reprodutivo, quando se torna alimento preferencial de grandes predadores pelágicos, como atuns (*Thunnus albacares*, *Thunnus obesus*) e a cavala-empinge (*Acanthocybium solandri*), sendo utilizada como isca na pesca de linha de mão que visa a captura dessas espécies.

Assim, a interação entre os peixes-voadores e seus predadores, além de importância ecológica, apresenta interesse econômico dado à transferência de energia para elos da cadeia trófica onde se localizam espécies de alto valor comercial, estando, portanto, as altas capturas de albacora-laje no ASPSP diretamente relacionadas às altas concentrações do peixe-voador-holandês (LESSA et al., 1999).



Figura 1. Exemplar do peixe-voador-holandês, *Cheilopogon cyanopterus*.

Por outro lado, um dos atuais fatores limitantes à pesca é a escassez de iscas e por essa razão a utilização crescente dessa espécie para tal finalidade deve estar apoiada sobre bases científicas que garantam a sustentabilidade do recurso no entorno do ASPSP em longo prazo.

As informações publicadas sobre *C. cyanopterus* nessa região são ainda escassas e se referem apenas a interações tróficas (MONTEIRO et al., 1998; VASKE JR, 2000), distribuição e abundância das fases iniciais ( LESSA et al., 1999) e agregações reprodutivas ( LESSA et al., 1999; BROECKEL e MEYERHOFER, 1999), tornando evidente a necessidade de estudos direcionados à dinâmica populacional dessa espécie, com base em informações sobre a idade, crescimento e reprodução. Esses aspectos são fundamentais para compreender a biologia dos peixes e conseqüentemente formar a base dos modelos de dinâmica de populações e avaliação dos estoques. Assim, o presente trabalho assume grande relevância uma vez que aborda aspectos biológicos indispensáveis para o manejo e conservação dessa espécie na área do ASPSP.

## 2 - Revisão de literatura

### Idade e Crescimento

Estudos sobre idade e crescimento em peixes são essenciais para a compreensão da história de vida e avaliação das populações (HILBORN e WALTERS, 1992; PONTUAL et al., 2002). Para as fases iniciais de desenvolvimento essas informações são úteis para melhor compreensão dos fatores que determinam o sucesso do recrutamento. Em adultos, elas são utilizadas para determinar eventos vitais, como a idade de primeira maturação gonadal, o efeito da mortalidade por pesca, a produtividade do estoque e aperfeiçoar a gestão dos recursos marinhos (JONES, 1992). Podem também contribuir para a identificação de estoques, baseada na análise da homogeneidade das estimativas dos parâmetros biológicos entre os peixes de diferentes áreas (WEATHERLEY e GILL, 1987).

Os principais métodos de avaliação de estoques são baseados em dados sobre a composição etária da população. Entretanto, os principais métodos empregados para as estimativas de idades podem ser classificados em três grupos básicos: empíricos, estatísticos e anatômicos (SPARRE et al., 1989).

O enfoque empírico foi inicialmente usado por aquicultores e é a forma mais antiga de estimar idades. Baseia-se na observação direta do crescimento dos indivíduos em cativeiro ou na marcação e recaptura de exemplares, onde a duração do período entre a captura e a recaptura pode ser usada para se estimar a idade e o crescimento dos indivíduos. (SPARRE et al., 1989).

Já análise estatística de frequência de comprimento, é utilizada para determinar a taxa de crescimento baseados na decomposição de modas ou na progressão modal ao longo do tempo (PAULY, 1983; SPARRE e VENEMA, 1992). Essa prática considera que o comprimento dos indivíduos dentro de cada grupo etário é normalmente

distribuído em torno do valor da sua moda. No entanto, esse método possui limitações, por supor que a distribuição da frequência de comprimento da amostra representa verdadeiramente a população e que não há migração e/ou emigração e mortalidade (BEAMISH e MCFARLANE, 1983).

Assim, a abordagem anatômica é o método de determinação de idade mais utilizado para organismos aquáticos. Consiste na utilização e análise de estruturas calcificadas, baseado na existência de períodos regulares de crescimento, que ficam marcados nas partes duras do corpo dos peixes e para os quais é possível associar uma escala regular de tempo (SPARRE, et al., 1989). Estas partes são chamadas de estruturas de aposição, e incluem escamas (ROBILLARD e MARSDEN, 1996), vértebras (BROWN e GRUBER, 1988), espinhos de nadadeiras (CASS e BEAMISH, 1983), cleitra (CASSELMAN, 1990), ossos operculares (BAKER e TIMMONS, 1991) e os otólitos.

No entanto, otólitos têm sido mencionados como a estrutura mais adequada para determinação da idade, por apresentar entre outras características, a formação da macroestrutura e microestrutura (SECOR et al., 1995), permitindo assim determinar além das marcas de crescimento sazonais, a idade diária dos peixes a partir da análise da microestrutura, em especial em indivíduos jovens e espécie com ciclo de vida curto. As demais estruturas apresentam apenas marcas sazonais (CAMPANA e THORROLD, 2001). Além disso, os otólitos são estruturas que se formam logo no início do desenvolvimento ontogenético dos peixes, permitindo a deposição dos incrementos de crescimento já nas primeiras fases do ciclo de vida (SECOR et al., 1992) sendo possível estimar a idade dos indivíduos nas fases embrionária e larval (JONES, 1992).

Outra importante característica dos otólitos é que dificilmente sofrem reabsorção, o que permite a conservação completa das marcas de crescimento ao longo

de toda a vida do peixe, por marcar incrementos de crescimento mesmo quando o crescimento é lento ou inexistente. Sendo esta provavelmente a propriedade mais importante dos otólitos, que não é compartilhada com qualquer outra estrutura calcificada nos peixes ou em qualquer outro vertebrado (CAMPANA e THORROLD, 2001).

Nos teleósteos, ocorrem três pares de otólitos, lápilo, sagita e asterisco. Estas estruturas estão localizadas no ouvido interno dos peixes, no interior do órgão vestibular e diferem entre si em tamanho, forma e função. O sagita é comumente o mais utilizado em estudos de idade e crescimento, o lápilo é mais utilizado na determinação da idade dos peixes durante as primeiras fases de vida (SECOR et al., 1992), ou de espécies com ciclo de vida curto (OXENFORD et al., 1994; BEZERRA e LESSA, 2009) e o asterisco é utilizado em raras situações.

Os primeiros estudos de idade e crescimento em peixes datam de 1759, quando Hedertom identificou mascas sazonais em escamas de carpa *Ciprinus carpio* e em vértebras de *Esox lucio* (CARLANDER, 1987), e posteriormente quando Reibish em 1899 notou a formação de anéis em otólitos de solha *Pleuronectes platessa* (RICKER, 1975). Já o uso de incrementos diários de crescimento é registrado desde os trabalhos realizados por Panella (1971) para as estimativas de idades em larvas. Ao longo dos anos o uso dessas técnicas tem se aperfeiçoado, tornando-se cada vez mais precisos devido ao desenvolvido de métodos utilizados para retrocalcular os comprimentos dos peixes e validar a periodicidade de formação dos anéis.

Fundamentado na existência de proporcionalidade entre a estrutura analisada e o comprimento individual, o retrocálculo estima o tamanho de um indivíduo em qualquer idade, possibilitando calcular as taxas de crescimento individual ao longo de todo o desenvolvimento (SMITH, 1983). Enquanto que os métodos de validação são utilizados

para determinar com acurácia a idade verdadeira ou absoluta dos indivíduos (WILSON et al., 1983) a partir do conhecimento da periodicidade com que as marcas de crescimento se depositam nessa estrutura (SMITH, 1983). Os principais métodos de validação das idades em base diária são: 1) Marcação química de ossos, escamas, espinhos e otólitos, a partir da aplicação de produtos químicos como oxitetraciclina, alizarina complexone, calceína e estrôncio, que se incorporam facilmente a essas estruturas, originando uma marca permanente formada no incremento no momento da marcação. (CAMPANA, 2001); 2) A “validação por idade conhecida” que consiste no cultivo de larvas em cativeiro, seja através da eclosão de ovos fertilizados naturalmente, ou por indução, onde ao longo do período de eclosão, as larvas são transferidas para tanques de cultivo distintos, etiquetados com as respectivas datas de eclosão, para conhecimento do tempo de sobrevivência dos espécimes. Estes métodos têm sido muito utilizados na validação de anéis diários (OXENFORD et al., 1994; BEZERRA e LESSA, 2009), por permitir a estimativa precisa da idade (BROTHERS et al., 1976; NEILSON e GEEN, 1982).

Contudo, muitos modelos matemáticos têm sido elaborados para explicar o crescimento dos organismos em peso e comprimento, baseados em processos ecológicos que existem na natureza (KATSANEVACS, 2006) permitindo a explicação desses processos através do cálculo de seus parâmetros (GULLAND, 1969).

Assim, o modelo de von Bertalanffy tem sido o mais amplamente ajustado para diversos grupos em razão do seu embasamento biológico e devido a seus parâmetros constituírem-se em dados de entrada para diversos modelos de avaliação de estoques (CAMPANA, 2001).

Estimativas da idade e do crescimento dos peixes-voadores têm sido determinadas com sucesso através da análise da microestrutura do otólito lápilo (OXENFORD et al.,

1994; BEZERRA e LESSA, 2009). No Leste do Caribe e Nordeste do Brasil, os microincrementos de crescimento foram utilizados para determinar a idade do peixe-voador *Hirundichthys affinis* e validar o método a partir do cultivo de larvas em laboratório. Em ambos os estudos, o modelo de crescimento de von Bertalanffy foi ajustado aos dados de idade e comprimento. Os parâmetros estimados em ambos estudos, mostram que esta espécie apresenta crescimento acelerado e expectativa de vida inferior a dois anos.

## **Reprodução**

Estudos sobre os processos reprodutivos de teleósteos revestem-se de importância tanto teórica quanto prática. Pois possibilitam não só os entendimentos dos mecanismos que envolvem a perpetuação e a modificação das espécies, como também fornecem subsídios para a compreensão do uso que os indivíduos de uma determinada espécie fazem de um sistema ou área e, portanto são essenciais para a administração pesqueira (DIAS et al., 1998).

Variáveis biológicas como a distribuição e a abundância dos adultos, a proporção dos sexos, as áreas e épocas de desova, são informações muito relevantes, por serem utilizadas nos modelos da biologia pesqueira que avaliam a biomassa dos estoques desovantes (BEVERTON e HOLT, 1957; DIAS et al., 1998).

A determinação das características reprodutivas como o tamanho de primeira maturação gonadal, a fecundidade, a duração do período reprodutivo e o comportamento de desova permitem quantificar a capacidade reprodutiva de cada espécie (MURUA e SABORIDO-REY, 2003) e estão estreitamente relacionadas com a idade e as condições energéticas do indivíduo (HUNTER e MACEWICZ, 1985).

Os modos reprodutivos em peixes apresentam uma gama de variações, resultantes das mais diversas combinações entre os aspectos envolvidos, como presença ou não de caracteres sexuais secundários, de comportamento de corte e acasalamento, mecanismos reprodutivos, tipo de ambiente escolhido para deposição dos gametas ou ovos (BREDER e ROSEN, 1966).

No entanto, a maioria das espécies de peixes são iteróparas, ou seja, se reproduzem mais de uma vez durante a vida, apresentam sexos separados, sem dimorfismo sexual, externo e exibem fertilização externa e sem cuidado parental. Há também espécies semélpas, que desovam uma única vez e morrem (MURUA e SABORIDO-REY, 2003).

Os peixes maturam pela primeira vez em determinado comprimento e isto está associado a mudanças fisiológicas e comportamentais, que por vezes se manifestam sob a forma de agregações de reprodutores, migração e territorialidade. A relação entre estas mudanças biológicas, o crescimento, mortalidade e longevidade foi estudada, por Beverton e Holt (1959) e Pauly (1984) entre outros. A maturação gonadal pode ser determinada macroscopicamente a partir da aparência externa das gônadas, por meio dos índices gonadais e tamanho dos ovócitos, ou por observações histológicas das gônadas (WEST, 1990). Com estes dois métodos é possível avaliar amostras no campo e obter informações de muitos espécimes em um curto período de tempo, no entanto, as fases de desenvolvimento dos ovócitos só podem ser esclarecidas usando observações histológicas das gônadas (WALLACE e SELMAN, 1981).

O conhecimento do comprimento médio de primeira maturação gonadal é de grande importância para administração racional dos estoques, pois constitui um elemento para a fixação dos tamanhos mínimos possíveis de captura e para o tamanho das malhas da rede (VAZZOLER, 1996).

Baseado na dinâmica e organização dos ovócitos, Wallace e Sellman (1981) definiram quatro fases de desenvolvimento ovocitário: a) Sincrônico em um grupo, as células ovocitárias existentes nos ovários maturam concomitantemente, sendo eliminadas de uma só vez durante o período de desova; b) Sincrônico em dois grupos, a cada período de reprodução evidenciam-se dois lotes de ovócitos dentro dos ovários, os ovócitos do estoque de reserva e aqueles dos ovócitos que irão maturar sincronicamente sendo eliminados no período de desova; c) sincrônicas em mais de dois grupos, quando pelo menos dois lotes de ovócitos maduros são eliminados por ciclo reprodutivo; d) assincrônico, dentro dos ovários não se evidenciam diferentes lotes, estando presentes ovócitos em todas as fases de desenvolvimento, ocorrendo sua eliminação à medida que atingem a maturação completa.

O tipo de desova nos peixes é determinado pela interação entre a dinâmica do desenvolvimento ovocitário, a frequência de desovas dentro de um período de reprodução e o número desses períodos durante sua vida (VAZZOLER, 1996).

Tyler e Sumpter (1996) descrevem dois padrões de desova: Ovulação sincrônica ou desova total, quando os ovócitos são eliminados em um único evento, durante um curto período de tempo. Ovulação assincrônica ou desova parcelada, onde os ovócitos são liberados em lotes por um período prolongado durante a época de desova. Na desova parcelada, cada lote de desova pode ser visto como uma estratégia para aumentar a probabilidade de sobrevivência da prole (LAMBERT e WARE, 1984).

A análise da fecundidade é uma ferramenta utilizada para estimar o número de ovócitos produzidos por uma fêmea e que serão eliminados a cada desova. Esse número pode sofrer variações dentro de uma mesma espécie, em respostas a diferentes adaptações ao ambiente (WITTHAMES et al., 1995).

De acordo com Csirke (1980) a fecundidade é um dos parâmetros mais importantes para o estudo da biologia pesqueira, uma vez que a intensidade anual do recrutamento depende tanto da quantidade de fêmeas "desovantes" como da fecundidade individual dessas fêmeas. Quando as estimativas de fecundidade e abundância de ovos no mar são combinadas, podem ser utilizadas para presumir a biomassa de um estoque.

O tipo de fecundidade tem sido descrito como estratégia para o sucesso do recrutamento do estoque de ovócitos vitelogênicos ao serem liberados (HUNTER et al., 1992), estando diretamente ligada às estratégias reprodutivas de cada espécie (PITCHER e HART, 1982; WOOTTON, 1984; HELFMAN et al., 1997; MURUA e SABORIDO-REY, 2003).

### 3- Referência bibliográfica

BAKER, T.T.; TIMMONS, L.S. Precision of ages estimated from five bony structures of Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from the Wood River System, Alaska. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.48, p.1007-1014, 1991.

BEAMISH, R.J.; MCFARLANE, G. A. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.112(6) p.735-743, 1983.

BEVERTON, R.J.H.; HOLT, S.J. **On the dynamics of exploited fish populations, fishery investigations**. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1957. 533p.

BEVERTON, R.J.H.; HOLT, S.J. A review of the lifespan and mortality rates of fish in nature and their relation to growth and other physiological characteristics. **Ciba Foundation Colloquia on Aging**, v.5 p.142-180, 1959.

BEZERRA JR, J.L.; LESSA, R.P. *Hirundichthys affinis*. In: Lessa, R.P.; NÓBREGA, M.; BEZERRA JR. **Dinâmica de Populações e Avaliação de Estoques Pesqueiros da Região Nordeste do Brasil**, 2009. p.49- 60.

BREEDER JR, W.P.; ROSEN, D.E. **Modes of reproduction in fishes**. New York: Garden City, 1966. 941p.

BROCKEL, K.; MEYERHOFER, M. Impact of the Rocks of São Pedro and São Paulo upon the quantity and quality of suspended particulate organic matter. **Archive of Fishery and Marine Research**, v.47(2/3) p.223-238, 1999.

BROTHERES, E. B.; MATHEWS, C. P.; LASKER, R. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. **Fisheries Bulletin**, v.74, p.1-8, 1976.

BROWN, C.A.; GRUBER, S.H. Age assessment of the lemon shark, *Negaprion brevirostris*, using tetracycline validated vertebral centra. **Copeia**, p.747-753, 1988.

CAMPANA, S. E.; THORROLD, S. R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.58, p.30-38, 2001.

CAMPANA, S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of Fish Biology**, v.59, p.197-242, 2001.

CARLANDER, K.D. A history of scale age and growth studies of North American freshwater fish. In: SUMMERFELT, R. C.; HALL, G. E. Age and Growth of fish. **Iowa State University Press, Ames**, 1987, 544 p.

CASS, A.J.; BEAMISH, R.J. First evidence of validity of the fin-ray method of age determination for marine fishes. **North American Journal of Fisheries Management**, v.3, p.182-188, 1983.

CASSELMAN, J.M. Growth and relative size of calcified structures of fish. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.119, p.673-688, 1990.

COLLETTE, B.B.; MCGOWEN, G.E.; PARIN, N.V.; MITO, S. Beloniformes: development and relationships. In: MOSER, H.G.; RICHARDS, W.J.; COHEN, D.M.; CSIRKE, J. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. **Documento de la Pesca, FAO**, v.192, p.1-82, 1980.

DAVENPORT J. How and why do flying fish fly? **Fish Biology and Fisheries**, v.4, p.184-214, 1994.

DIAS, J.F.; PERES-RIOS, E.; CHAVES, P.T.C. Análise macroscópica dos ovários de teleósteos: Problemas de classificação e recomendações de procedimentos. **Revista Brasileira de Biologia**, v.58(1), p.55-69, 1998.

GULLAND, J.A. **Manual of Methods for fish stock Assessment** - Part 1. Fish Population Analysis. Rome: FAO, 1969. 154p.

HELFMAN, G.S.; COLLETTE, B.B.; FACEY, D.E. **The Diversity of Fishes**. Massachusetts: Blackwell Science, 1997. 528p.

HILBORN, R.; WALTERS, C. J. **Quantitative fisheries stock assessment**. New York: Chapman and Hall, 1992. 563p.

HUNTER, J.R.; MACEWICZ, B.J. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. **Fishery Bulletin**, v.83, p.119-136, 1985.

HUNTER, J.R.; MACEWICZ, B.J.; LO, N.C.H.; KIMBRELL, C.A. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. **Fishery Bulletin**, v. 90, p.101-128, 1992.

JONES, C.M. Development and application of the otolith increment technique. In: STEVENSON, D.K.; CAMPANA, S.E. Otolith microstructure examination and analyses. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, 1992. p.1-11.

KATSANEVAKIS, S. Modelling Fish Growth: Model Selection, Multi-Model Inference And Model Selection Uncertainty. **Fisheries Research**, v.81, p.229-235, 2006.

LAMBERT, T.C.; WARE, D.M. Reproductive strategies of demersal and pelagic spawning fish. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.41, p.1565-1569, 1984.

LESSA, R.; MAFALDA JÚNIOR, P.; ADVÍNCULA, R.; LUCCHESI, R.; BEZERRA JÚNIOR, J. L.; VASKE JÚNIOR, T.; HELLEBRANDT, D. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, v.47(2/3) p.133-146, 1999.

LEWALLEN, E.A.; PITMAN, R.L.; KJARTANSON, S.L.; LOVEJOY, N.R. Molecular systematics of flyingfishes (Teleostei: Exocoetidae): evolution in the epipelagic zone. **Biological Journal of the Linnean Society**, v.102, p.161-174, 2011.

MONTEIRO, A.; VASKE JÚNIOR, T.; LESSA, R.P.; EL-DEIR, A.C.A. Exocoetidae (Beloniformes) of North-Eastern Brazil. **Cybium**, v. 22, p. 395-403, 1998.

MURUA, H.; SABORIDO-REY, F. Female Reproductive Strategies of Marine Fish Species of the North Atlantic. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**. v.33, p.23-31, 2003.

NEILSON, J.D.; GEEN, G.H. Otoliths of Chinook salmon (*Oncorhynchus tsawytscha*): daily growth increments and factors influencing their production. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.39, p.1340-1347, 1982.

OXENFORD, H.A.; HUNTE, W.; DEANE, R.; CAMPANA, S.E. Otolith age validation and growth-rate variation in flyingfish (*Hirundichthys affinis*) from the esatern Caribbean. **Marine Biology**, v.118, p.585-592, 1994.

PANNELLA, G. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. **Science**, v.173, p.1124-1127, 1971.

PAULY, D. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. Rome: **FAO Fisheries Technical Paper**, 1983. 234p.

PAULY, D.; MUNRO, J.L. Once more on growth comparisons in fish and invertebrates. **Fishbyte**, v.2(1), 21p. 1984.

PITCHER, T.J.; HART, P.J.B. **Fisheries Ecology**. London: Chapman And Hall, 1982. 414p.

PONTUAL, H.; PANFILI, J.; WRIGTH, P.J.; TROADEC, H. Introduction générale. In: PANFILI, J.; PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WRIGTH, P.J. **Manuel de Sclérochronologie des Poissons**. Coédition Ifremer, 2002. p. 19-22.

RICKER, W.E. Computation and interpretation of biological statistical of fish populations. **Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada**, v.191, 382 p. 1975.

ROBILLARD, S.R.; MARSDEN, J.E. Comparison of otolith and scale ages for yellow perch from Lake Michigan. **Journal of Great Lakes Research**, v.22, p.429-435, 1996.

SECOR, D.H.; DEAN, J.M.; LABAN, E. H. Otololith removal and preparation for microstructural examination. In: STEVENSON, D. K.; CAMPANA, S.E. Otolith microstructure and analysis. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**. 1992. p.19-57.

SECOR, D.H., DEAN, J.M.; CAMPANA, S.E. **Recent Developments in Fish Otolith Research**. Columbia: University of South Carolina Press. 1995. 735p.

SMITH, C.L. Summary of round table discussion on back calculation. In: PRINCE, E.D.; PULOS, L.M. Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks. **NOAA Technical Report**, v.8, p.45-47, 1983.

SPARRE, P.; VENEMA, S.C. Introduction to tropical fish stock assessment-Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper**, 1992, 404p.

SPARRE, P.; URSINS, E.; VENEMA, C. Introduction to tropical fish stock-Part 1. Manual. **FAO Fisheries Technical Paper**, 1989, 337p.

TYLER, C.R.; SUMPTER, J.P. Oocyte growth and development in teleosts. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v.6, p.289-318, 1996.

VASKE JÚNIOR, T. Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região sudoeste equatorial do oceano Atlântico. 2000. 145p. **Tese (Doutorado)** - Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

VAZZOLER, A.E.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos** : teoria e prática. Maringá : EDUEM, 1996. 169 p.

WALLACE, R.A.; SELLMAN, K. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. **American Zoologist**, v.21(2), p.325-343, 1981.

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. **The Biology of Fish Growth**. London: Academic Press. 1987. 443 p.

WEST, G. Methods of Assessing Ovarian Development. In: *Fishes: A Review*. **Australian Journal of Marine and Freshwater Research**, v. 41, p.199-222, 1990.

WILSON, C.H.; BROTHERS, E.B.; CASSELMAN, J.M.; SMITH, C.L.; WILD, A. In: *Proceedings of the international workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes and sharks*. **NOAA Technical Report**. 1983. 209p.

WITTMAMES, P.R.; GREER-WALKER, M.; DINIS, M.T.; WHITING, C. L. The Geographical Variation. In: *The potential annual fecundity of Dover Sole (*Solea Solea*) from european shelf waters during 1991*. **Netherlands Journal of Sea Research**, v.34, p.45-58, 1995.

WOOTTON, R.J. Introduction, In: POTTS, G.W.; WOOTTON, R.J. **Fish reproduction: Strategies and tactics**. Orlando: Academic Press, 1984. 410p.

#### **4- Artigo científico I**

Artigo científico encaminhado a Revista Journal of the Marine  
Biological Association of the United Kingdom.

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as  
estabelecidas pela referida revista (em anexo).

**Running title:** Age and growth of *Cheilopogon cyanopterus*

**Age and growth of *Cheilopogon cyanopterus* (Exocoetidae) from Saint Peter and Saint Paul Archipelago (Brazil) using otolith microstructure**

Railma M. Rocha<sup>1</sup>, Francisco M. Santana<sup>2,3</sup> and Rosângela P. Lessa<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura (PPG-RPAq), Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife - PE, 52171-900, Brasil, <sup>2</sup>Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife - PE, 52171-900, Brasil, <sup>3</sup>Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Serra Talhada - PE, 56903-970, Brasil.

\*Corresponding author: Lessa R.P., Address: Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR), Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Av. D. Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife – PE, CEP 52171-900, Brasil. e-mail: [rosangela.lessa@pq.cnpq.br](mailto:rosangela.lessa@pq.cnpq.br)

**Abstract.** A total of 1067 specimens of the margined flyingfish, *Cheilopogon cyanopterus*, caught with the aid of light attractors were sampled in the area of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA, Brazil) in 2008 and 2009. Eight hundred forty-five specimens were males, 139 were females and 83 were of undetermined sex. Another 94 specimens (3.6 to 17.7 cm FL) were obtained from the regurgitations of sea birds. Females (mean FL = 31.2 cm, SD = 1.7cm) were larger than males (mean FL= 28.3 cm; SD = 1.46 cm). Individual total weight (Wt) ranged from 0.42 to 572.1g; no significant differences between sexes were found by sex in weight (ANCOVA,  $p = 0.061$ ). The “known-age” method was employed for validation of microstructures deposition periodicity, demonstrating a daily formation starting from hatching

(Student's t-test). The pair of *lapilli* otoliths was extracted from 277 individuals; the number of microstructures ranged from 14 to 383 in specimens from 4.6 to 36.1 cm FL. The precision of the readings was relatively high (coefficient of variation CV = 3.9%) with microstructures visible from the core to the otolith edge. Pairs of age-length data were fitted to four growth models: von Bertalanffy, Gompertz, Logistics and Richards. Based on Akaike's information criterion and Akaike weight, the Gompertz model best described *C. cyanopterus* growth, explaining 91.5% of growth for the species. The following parameters were derived for that model:  $L_{\infty} = 30.4\text{cm}$ ;  $k = 0.014$  e  $a = 2.53$ . Like most Excoetidae, *C. cyanopterus* of the SPSPA follows the general pattern of *r*-selected species, exhibiting fast growth and a short life span of about one year.

**Keywords:** Flyingfish, age and growth, *Cypselurus cyanopterus*, *lapilli*, oceanic islands

## INTRODUCTION

The margined flyingfish, *Cheilopogon cyanopterus* (Valenciennes, 1847) (Syn: *Cypselurus cyanopterus*), is a coastal species found on both sides of the Atlantic Ocean (Figueiredo and Menezes, 1978). In the Western Atlantic, it is distributed from the state of Florida in the USA to the northeastern portion of South America with records throughout the year in the area of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA), which pertains to Brazil. The margined flyingfish forms large concentrations between November and April (Monteiro *et al.*, 1998) around rocky outcrops for spawning and is used as bait in handline fishing operations targeting the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), wahoo (*Acanthocybium solandri*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*) (Lessa *et al.*, 2009). These fish concentrate at sites in which the margined flyingfish feeds, which is their preferential prey (Monteiro *et al.*, 1998; Vaske-Jr., 2000), corresponding to 90% of the prey of these large predators from November to April. Moreover, analyses

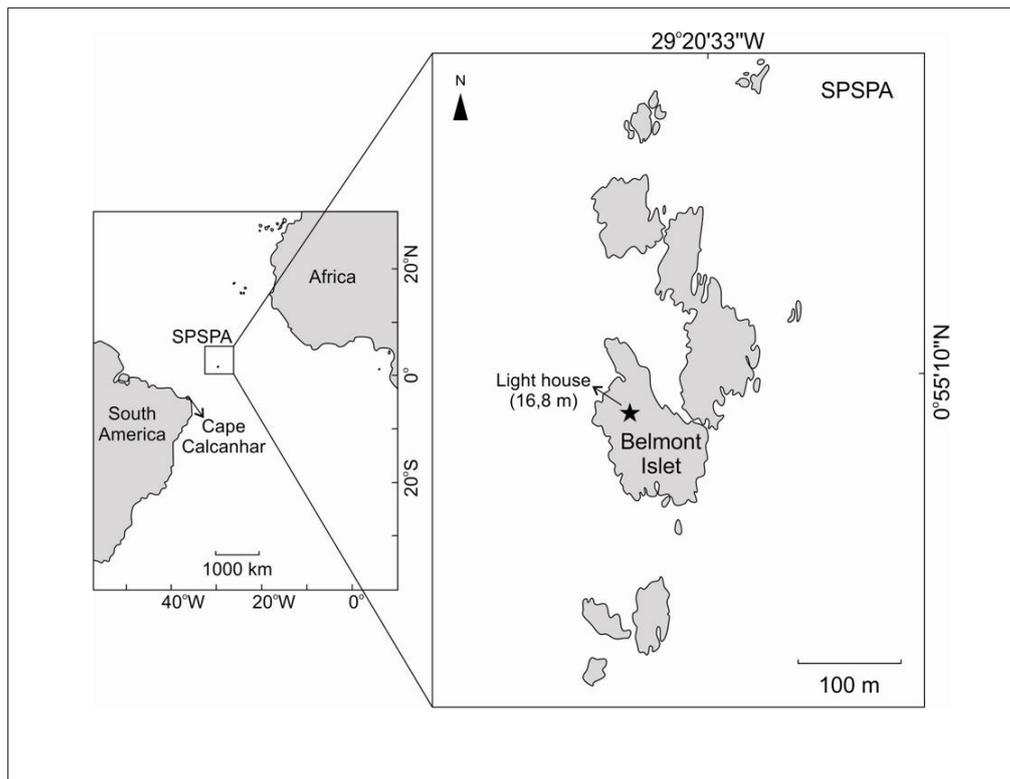
of the diet of *T. albacares* and *A. solandri* reveal considerable overlap, indicating that both species compete for flyingfish (Vaske-Jr., 2000).

Among the hypotheses put forth to explain the large concentrations of flyingfish and, consequently, tuna in an oligotrophic environment deprived of enrichment phenomena in the surface layers, the most widely accepted is the dependence of the flyingfish to the substrate for egg deposition (Lessa *et al.*, 1999; Broeckel and Meyerhofer, 1999).

In an ichthyoneuston survey carried out around the SPSPA, the family Exocoetidae accounted for 80% of fish larvae in the first trimester, among which *Cheilopogon cyanopterus* accounted for 73%. However, the abundance of this family had no correlation with environmental variables, with the exception of surface salinity and cloud cover (Lessa *et al.*, 1999). In a previous study, gillnet deployments at the SPSPA yielded an abundance index (CPUE) of 74.1 kg/hour and, with the introduction of driftnets on vessels equipped with light attractors, flyingfish production accounted for approximately 40% of the total catch (Oliveira *et al.*, 1997).

Despite the importance of this species, little is known regarding its population dynamics, with information published for the Atlantic referring only to morphometric characterization (Bruun, 1935; Breder, 1938; Staiger, 1965; Parin, 1983), distribution and abundance in the eastern Caribbean (Oxenford *et al.*, 1995; Hunte *et al.*, 1995).

As age and growth constitute fundamental information to the understanding of population dynamics, allowing the assessment of the impact of exploitation and factors that affect recruitment success, the aim of the present study was to provide the first growth curve for *Cheilopogon cyanopterus*, analyzing *lapillus* otolith from specimens collected around the SPSPA.



**Fig.1.** Location of Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA, Brazil) in Atlantic Ocean

## MATERIALS AND METHODS

The study area comprised the region surrounding the SPSPA (00° 56' N and 29° 22' W) which is 510 nautical miles from Cape Calcanhar in the state of Rio Grande do Norte, Brazil (Figure 1). Specimens were collected monthly in 2008 and 2009 from operations of commercial vessels using light attractors and the smaller fish which (< 18.0 cm FL) were obtained from the regurgitations of sea birds, mainly of Brown Booby, *Sula leucogaster*, which form a colony in SPSPA (Barbosa-Filho & Vooren, 2009; Vaske-Jr., 2010 ).

Fork length (FL, cm) and total weight (Wt, g) were recorded for each specimen collected while sex was recorded for the majority of individuals, using the classification suggested by Vazzoler (1996), based on shape, color and texture of gonads. Length data were submitted to the Mann-Whitney test (Zar, 1996) for the determination of possible differences between sexes. Length and weight data were used to estimate the weight-

length relationship, which was expressed by the equation  $W_t = aFL^b$  (Ricker, 1975). Differences between the regression lines obtained for males and females were tested using analysis of co-variance (ANCOVA) (Zar, 1999).

The “known-age” method was used for the validation of the periodicity of the formation of growth increments in the microstructure of the otoliths (Geffen, 1992; Oxenford *et al.*, 1994; Bezerra and Lessa, 2009). For such, naturally fertilized eggs were collected from around the SPSPA in January 2010 and incubated in aquaria containing seawater at room temperature, with active filtration and air supplementation. At 24-hour intervals, hatched specimens were transferred to different aquaria labeled with the respective hatching dates for the determination of survival time. After the consumption of the vitelline sac, the larvae were fed a diet made up of microalgae and rotifers (Ferreira, 2009) as well as *Artemia* sp. nauplii, on a daily basis (Oxenford *et al.*, 1994; Bezerra and Lessa, 2009). Dead larvae were measured on the spot then fixed in 70% alcohol. The time elapsed between hatching and death was recorded.

To validate the periodicity of the deposition of growth marks, survival time (days) and number of increments observed on the microstructure of the otoliths were related and the slope as well as the intercept of the equation were tested using the paired Student's *t*-test (Sokal and Rohlf, 1981;  $p \leq 0.05$ ) to determine whether increment deposition occurred daily (slope = 1) and whether deposition began on the first day (intercept = 0).

For the estimation of growth, *lapilli* otoliths were extracted (Secor *et al.*, 1992) from a subsample of fish representing the entire range of sizes caught with the aid of light attractors as well as those obtained from the regurgitations of sea birds. The otoliths were immersed in water and 70% alcohol, stored dry, fixed in polyester resin on microscope slides, wet sanded (grits: 1200 to 2000) and polished with aluminum

powder (0.33  $\mu\text{m}$ ). Microincrement counts were performed twice under an optical microscope with a magnification of 400x and reflected light (Campana, 1992). The coefficient of variation (CV) between counts was estimated for the assessment of the precision of the age estimates of two counts carried out on different occasions beginning at hatching (first increment externally to the nucleus through to the outer edge) (Campana, 2001):

$$CV = 100\% \times \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^2 (X_{ij} - X_j)^2}{X_j^2}}, \text{ in which } N \text{ is the sample size, } X_{ij} \text{ is the age at}$$

each reading and  $X_j$  is the mean age calculated between readings for each specimen.

When the difference between the two counts had a CV greater than 5%, the otolith were not included in the study (Campana, 2001).

A composição etária da amostra total foi derivada da chave idade comprimento obtida a partir da contagem dos microincrementos e os respectivos comprimentos dos peixes.

Four growth models: a) von Bertalanffy; b) Gompertz; c) Logistics; and d) Richards (all in Schnute, 1981) were fitted to pairs of age and length. The parameters were estimated by minimum of the log likelihood functions, with normal distribution of errors using the Solver routine of the Excel program. The Bootstrap function of the Pop Tools program (Hood, 2006) with 1000 iterations was used to estimate the uncertainty of the parameters, based on the percentiles of 0.025 and 0.975.

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) + \varepsilon \quad (\text{a})$$

$$L_t = L_\infty e^{[-a e^{-kt}]} + \varepsilon \quad (\text{b})$$

$$L_t = L_\infty (1 + e^{-k(t-t_1)})^{-1} + \varepsilon \quad (\text{c})$$

$$L_t = L_\infty / [1 + e^{(-kt-b)}]^m + \varepsilon \quad (\text{d})$$

in which  $L_t$  is the length of the individual at age  $t$ ,  $L_\infty$  is the maximal asymptotic length,  $k$  is the growth coefficient,  $t$  is age,  $t_0$  is the theoretical age at which the individual has zero length,  $a$  and  $b$  are the parameters of the equation,  $m$  is the constant and  $t_l$  is the age at which the growth rate is maximal.

The results obtained with each model were assessed using Akaike's Information Criterion (AIC) (Akaike, 1973), expressed as  $AIC = -2\log(\theta) + 2k'$  in which  $\theta$  is the minimum likelihood and  $k'$  is the number of model parameters. The result indicates the model with the best balance between bias and variance.

The model selection criterion proposed by Burnham & Anderson (2002) was used for the assessment of the statistical support of each model, for which  $\Delta_i < 2$  indicates that a model has substantial support for describing the growth of the species,  $4 < \Delta_i < 7$  indicates that a model has moderate support and  $\Delta_i > 10$  indicates that a model offers no statistical support to the dataset. Moreover, the Akaike weight ( $w_i$ ) was used to quantify

the relevance of each model, according using the following formula:  $w_i = \frac{e^{(-0.5\Delta_i)}}{\sum_{i=1}^n e^{(-0.5\Delta_i)}}$ .

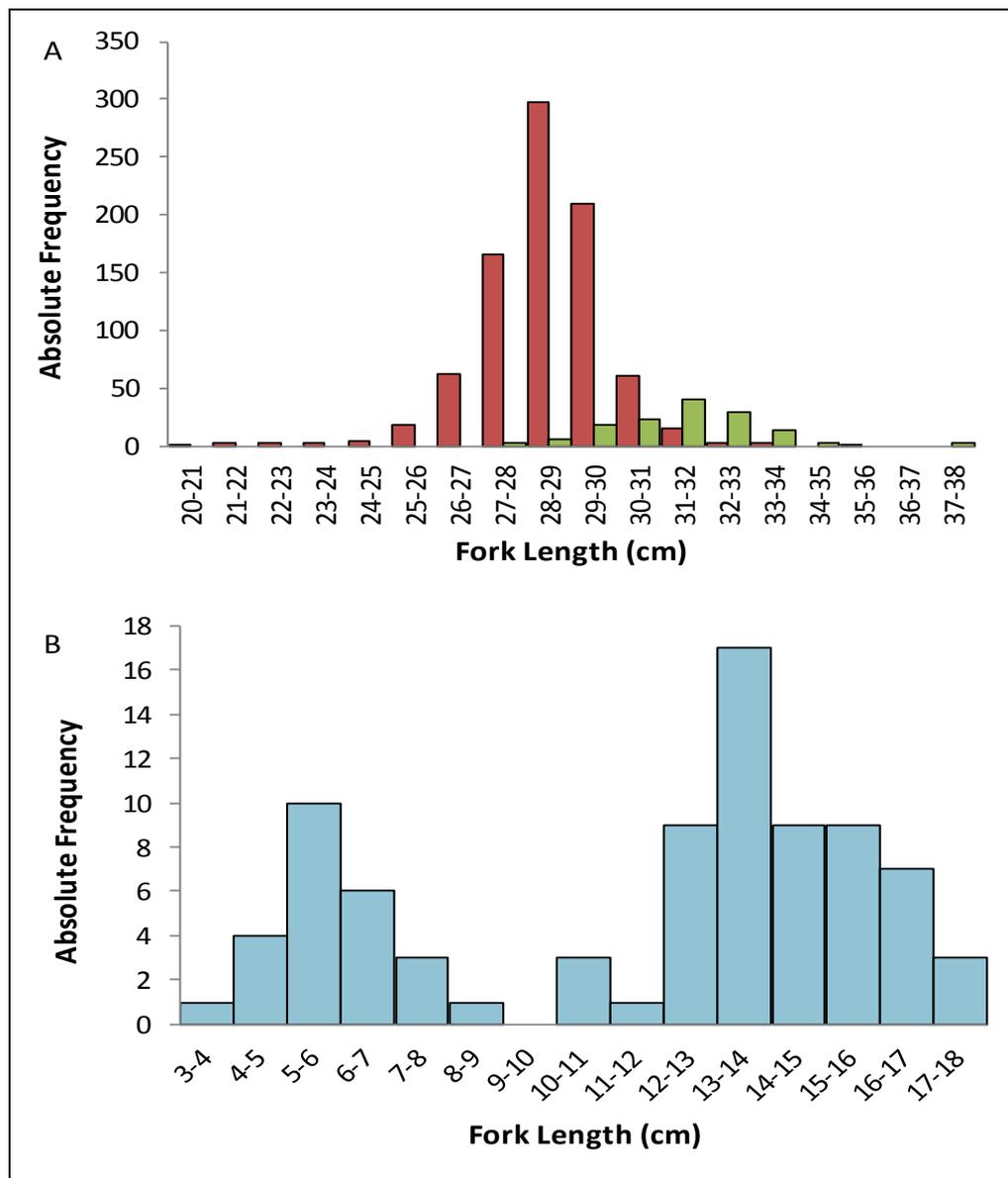
Overall growth performance was estimated by the index  $\phi'$  (phi prime test):  $\phi' = \ln k + 2 \ln L_\infty$ , using the parameters  $L_\infty$  and  $k$  model von Bertalanffy (Sparre *et al.*, 1989).

## RESULTS

### Population structure

A total of 1067 specimens of *Cheilopogon cyanopterus* were caught (845 males, 139 females and 83 individuals of undetermined sex). In the overall sample the length ranged from 17.2 to 35.3 cm to males, 27.5 to 37.7 cm to females (Figure 2A) and 3.6 to 17.7 cm to the individuals of undetermined sex collected from the regurgitations of sea

birds (Figure 2B). In the sample collected to light attractors, the greatest modal size was the 27 to 29 cm class. Females (mean: 31.2 cm; SD: 1.7 cm) had significantly larger mean and maximal lengths in comparison to males (mean: 28.3 cm; SD: 1.46 cm) (Mann Whitney,  $p < 0.05$ ).

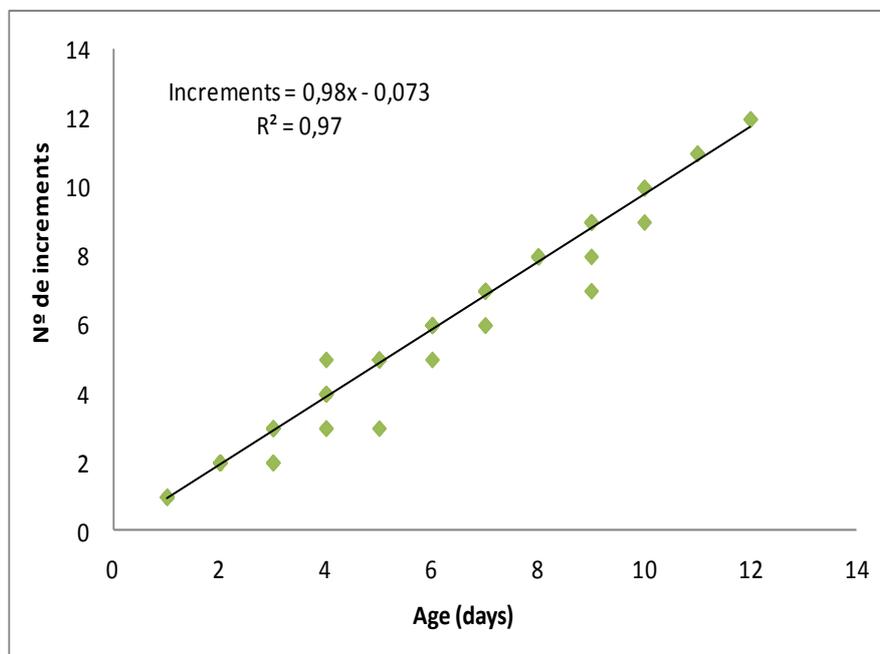


**Fig.2.** Length-frequency distribution of *Cheilopogon cyanopterus*, around Archipelago Saint Peter and Saint Paul (SPSPA, Brazil) in 2008 and 2009; frequency of occurrence by sex of specimens caught with aid of light attractors (red bars) males and (green bars) females (A); individuals collected from regurgitations of sea birds (B).

Weight ranged from 0.42 g to 572.1 g (mean: 285.7 g; SD: 98.1 g). As no significant differences between sexes were found in relation to the weight-length relationship (ANCOVA,  $p = 0.061$ ), the sexes were pooled for the estimation for sexes combined:  $Wt = 0.0097FL^{3.065}$  ( $r^2 = 0.98$ ;  $n = 1005$ ).

### Validation of periodicity of increment formation

Otoliths from 94 specimens were analyzed for the validation of the formation periodicity of the growth microincrements. The time between the collection of eggs and hatching ranged from 3 to 5 days, with survival up to 12 days. The number of microincrements demonstrated a significant association with known-age ( $p < 0.001$ ) (Figure 3). The slope did not differ significantly from 1 and the intercept did not differ significantly from 0 (pair-wise  $t$ -test,  $df = 1$   $t_{s,a} = 0.7973$ ;  $t_{s,b} = 0.9729$ ;  $p = 12.7$ ), thereby confirming the daily periodicity of microincrement deposition.

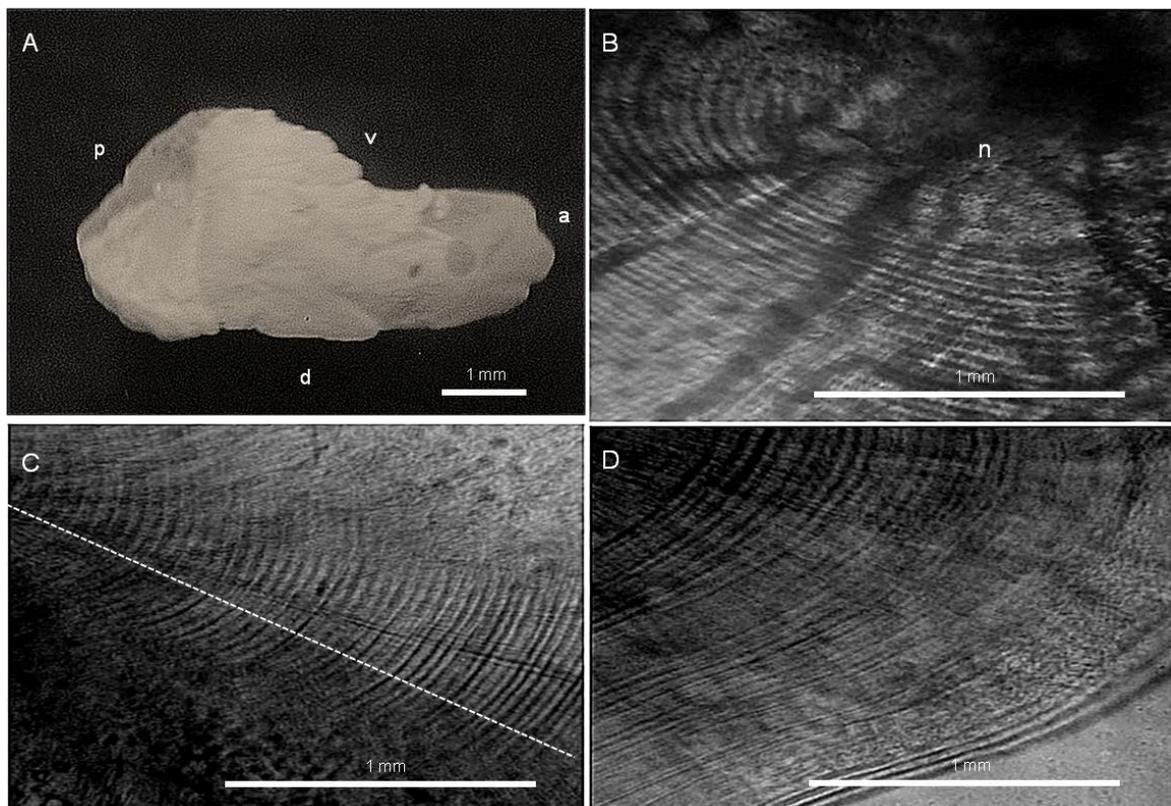


**Fig.3.** Relationship between number of microincrements counted on otoliths from specimens of *Cheilopogon cyanopterus*, reared in laboratory and known-age ( $n = 94$ ).

### Growth estimate

To estimate the growth parameters, 277 otoliths were analyzed from individuals representing the entire size range in the study area. The number of microincrements observed on the microstructure of the otoliths ranged from 14 to 383 in individuals with lengths from 4.6 to 36.1 cm.

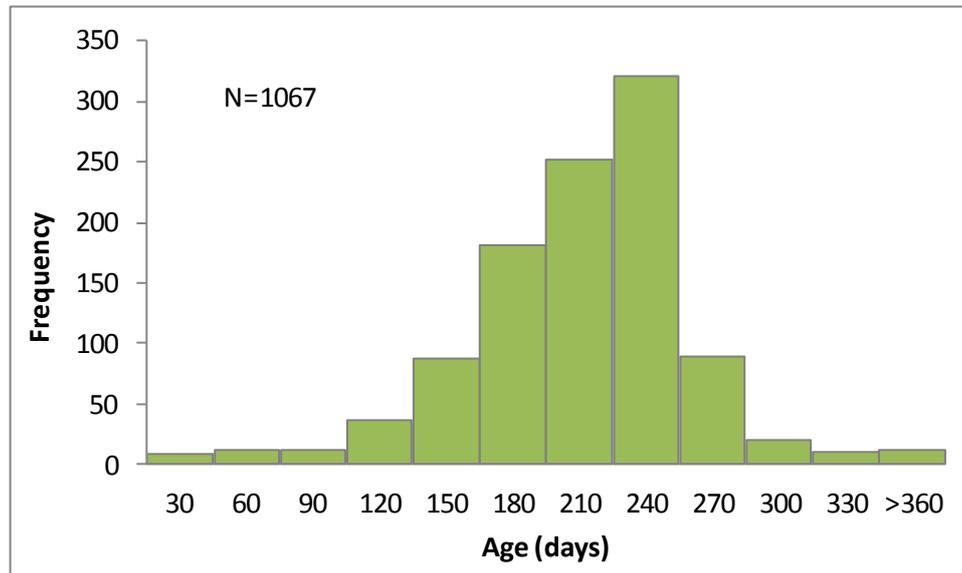
The mean CV between readings was 3.97%, with the microincrements from the nucleus to the edge of the otoliths along the reading axis visible when examined under an optical microscope (Figure 4).



**Fig.4.** Lapillus otolith from *Cheilopogon cyanopterus* of an individual measuring 29.6 cm FL in the Archipelago Saint Peter and Saint Paul (SPSPA, Brazil); Preparation on sagittal plane (p = posterior, a = anterior, d = dorsal, v = ventral) (100x) (A); n = nucleus (B); Dotted line – increment count axis (C); edge of lapillus (400x) (D).

A composição etária das capturas do *C. cyanopterus*, obtida após avaliação da distribuição de frequência de comprimento e conversão com a chave idade

comprimento, mostra que a maior parte dos exemplares amostrados apresenta idade entre 180 e 240 dias (Figure 5).



**Fig.5.** Age composition of *Cheilopogon cyanopterus* sampled in the area of the Archipelago Saint Peter and Saint Paul (SPSPA, Brazil) from 2008 to 2009.

The growth models of the von Bertalanffy, Gompertz, Logistics and Richards were fitted to pairs of age and length using minimum of the log likelihood functions (Figure 6). Estimates of the growth parameters for each model, along with the standard errors and confidence interval (CI) values appear in Table 1. The lowest AIC value and highest  $w_i$  value were obtained with the Gompertz model (Table 2), which explained 91.5% of the growth of *Cheilopogon cyanopterus* and was therefore considered the most plausible model. The second best fit was achieved with the Logistics model, which exhibited substantially less support in comparison to the Gompertz model. The other models offered no support, as  $\Delta_i$  values were greater than 10% (Table 2).

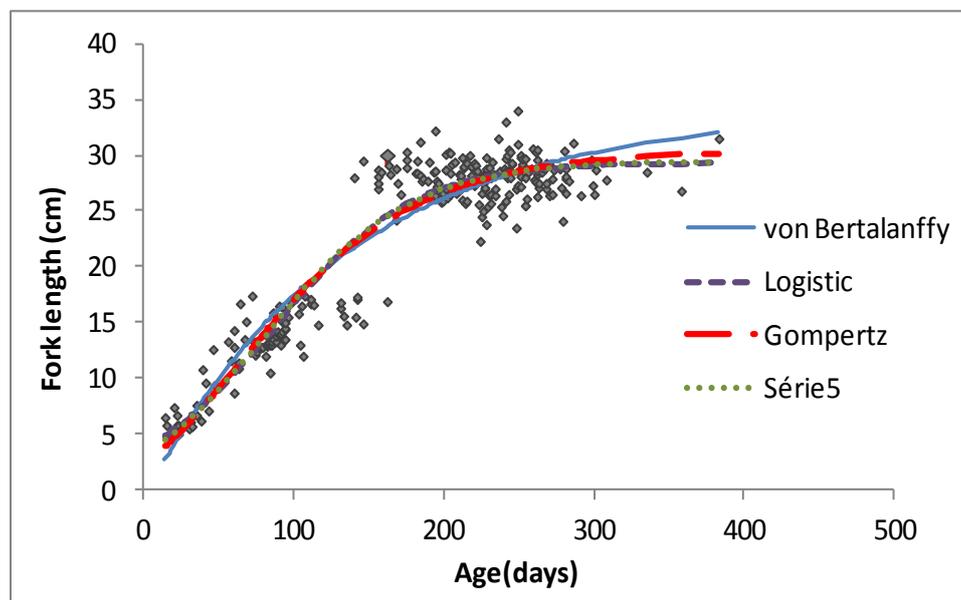
**Table 1:** Growth models and parameters estimated for *Cheilopogon cyanopterus*;  $L_{\infty}$  – asymptotic length (cm);  $k$  – growth constant;  $t_0$  – theoretical age at which fish has zero length (day); SE – standard error; CI – confidence interval

Models	Parameters								
	$L_{\infty}$	SE	CI	$k$	SE	CI	$t_0$	SE	CI
Gompertz*	30.4	0.47	29.5;31.3	0.014	0.009	0.012;0.016	-	-	-
Logistics**	29.3	0.31	28.6;29.9	0.022	0.001	0.019;0.024	-	-	-
Richards***	29.5	0.29	28.6;30.5	0.019	0.0018	0.014;0.263			
von Bertalanffy	33.9	1.05	31.9;36.0	0.007	0.0006	0.006;0.008	3.17	3.31	-3.3;9.7

\*a = 2.53; \*\*t<sub>1</sub> = 87.8; \*\*\*b = -1.10; m = 1.58

**Table 2:** Growth models and values calculated for Akaike's information criterion (AIC), Akaike difference ( $\Delta_i$ ) and Akaike weight ( $w_i$ )

Models	Number of parameters	Criteria for model evaluation		
		AIC	$\Delta_i$	$w_i$
Gompertz	4	1258.11	0.0	91.4
Logistics	4	1262.87	4.7	8.5
Richards	5	1272.32	14.2	0.1
von Bertalanffy	4	1325.31	67.2	0.0

**Fig.6.** Growth curves for flyingfish *Cheilopogon cyanopterus*, caught in the area of the Saint Peter and Saint Paul Archipelago (SPSPA, Brazil).

The growth performance index ( $\Phi'$ ) was calculated as 6.6 for the combined sexes.

## DISCUSSION

Overall the age structure of *C. cyanopterus* in SPSPA shows that females reach larger sizes than males. Female's largest sizes are supposed to be due to differential mortality between sexes since males are more abundant in catches and females are more vulnerable only when aggregating for spawning from December to March (Lessa *et al.*, 1999).

In the current study, as suggested by Oxenford *et al.* (1994) and Bezerra & Lessa (2009) for *H. affinis*, lapilli otoliths were used for ageing as well as for determining the growth pattern of *C. cyanopterus*. Such structure was considered more suitable, not displaying numerous checks usually present in *sagitta* otoliths of flying-fishes. Thus, precision estimates using microincrements laid down on lapilli was high according to the value of the coefficient of variation which is lower than the limit recommended by Campana (2001) of 5%.

The analysis of growth increments on otoliths requires the validation of the periodicity of deposition so that the true age can be inferred (Beamish & McFarlane, 1983). For such, daily growth increments have been used as valid indicators for a large number of fish species (Geffen, 1992; Oxenford *et al.*, 1994; Bezerra & Lessa, 2009), in studies employing direct validation techniques which ensures, as in the current account, the correspondence between the number of microincrements deposited on the otolith and age in days.

For *C. cyanopterus*, the growth increments exhibited daily periodicity as demonstrated by the significant correlation between the number of increments and known-age of the individuals, similarly to reported for other species of Exocoetidae

(Oxenford *et al.*, 1994; Bezerra & Lessa, 2009). Daily growth increments were visible from the nucleus to the edge of the otolith of all *C. cyanopterus* larvae, alternating between opaque and translucent bands (Campana & Neilson, 1985). Moreover, a single increment was visible on the majority of otoliths of newly-hatched larvae (less than 24 hours of life), suggesting that the deposition of the first increment occurs at the moment of hatching. Because the number of increments, on average, corresponded to larval age, the deposition of increments was, therefore, dependent upon age.

Above life cycle span and growth rate for different species of flying fish have been determined in the Philippines (Yacapin, 1991), eastern Caribbean (Lewis *et al.*, 1962; Storey, 1983; Khokiattiwong, 1998; Lao, 1989; Oxenford *et al.*, 1994) and northeastern Brazil (Bezerra & Lessa, 2009) based on the analysis of length frequencies or using microincrements on otoliths. For all species studied, the life cycle is less than two years. The present study employed the analysis of the microstructure of lapilli otoliths which led to considerable variability in the age composition, with ages ranging from 14 to 383 days.

The growth parameters for *Cheilopogon cyanopterus* were derived from observed lengths using different models, as proposed by Burnham & Anderson (2002). The aim is to understand growth dynamics considering different patterns which renders possible to demonstrate which model best describes the growth of a given species (Katsanevakis, 2006). In the present study, the Gompertz model resulted in the best fit, suggesting that this model is the most adequate for describing the growth of the margined flyingfish. An exponential reduction in growth rate with size is implicit with multiple inflexion points (Campana & Jones, 1992). This is interpreted as a reflection of growth regulated by two types of factors that result in an initial accelerated growth, followed by a period of deceleration, when the fish approaches maximal growth,

implying that growth is not constant throughout life (Ricker, 1979). Therefore, considering aspects inherent to the biology of the margined flyingfish, which needs to grow quickly in order to reach sexual maturity and complete its life span, the Gompertz model has the necessary attributes for describing the growth pattern of this species.

The von Bertalanffy growth curve is the most usually employed for fishing purposes, to describe growth based on anabolism and catabolism processes, having adequately described the growth of the majority of species (Gulland, 1969) studied and therefore the parameters derived from this model have been used in the management of fish stocks (Sparre & Venema, 1997). However, the Gompertz model is considered more properly for describing the growth of fish in the first year of life as well as species with a short life cycle, such as the margined flyingfish. Juveniles exhibit faster growth than adults due to physiological processes, such as migration, breeding and feeding, which involve relatively high energy expenditure affecting the growth rate of adults (Ricker, 1979).

The present study is the first to apply different models to estimate the growth parameters of flyingfish species, as the literature available for comparison only offers the estimation of von Bertalanffy growth parameters. Thus, considering this model, the growth pattern for *Cheilopogon cyanopterus* around the ASPSP is in agreement with that reported for other species of flyingfish. Parameters estimated for *H. affinis* by Oxenford *et al.* (1994) in the eastern Caribbean ( $L_{\infty} = 245$  mm;  $k = 0.00854$ ;  $t_0 = 2.85$ ) and by Bezerra & Lessa (2009) in northeastern Brazil ( $L_{\infty} = 299$  mm,  $k = 0.00534$ ;  $t_0 = 2.15$ ) demonstrated that the species grows at the same magnitude as the above mentioned, due to the similarity in the growth performance as evidenced by  $\phi = 6.2$ ,  $\phi = 6.1$  and  $\phi = 6.6$ , respectively. Thus the  $k$  value, in the present study, implies a fast-growing species due to a high metabolic rate, characteristic of small pelagics (Lipskaya,

1974) thus corroborating the pattern shown by Oxenford *et al.*, 1994 and Bezerra & Lessa, 2009.

The results of the present study demonstrated the daily periodicity in the formation of growth increments on the microstructure of the *lapillus* otolith in *Cheilopogon cyanopterus* and fast growth for the species as a result of basic aspects of the biology of flying fish. The high growth rate is considered a compensation strategy for low longevity.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This study was carried out in the scope of the “PROARQUIPELAGO Program” funded by the Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM); CNPq provided a research productivity grant to the senior author RPL (Proc: 303604/07-Oc) and several scholarships to students who helped with the data collection. The Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior provided a M.Sc. scholarship to the first author and Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) provided research grants (BFT- 0106-5.06/09) also to the first author.

#### LITERATURE CITED

- Akaike H.** (1973) Information theory as extension of the maximum likelihood principle. In Petrov B.N. and Csaki F. (eds) *Second International Symposium on Information Theory, Akademiai Kiado, Budapest*, pp. 267-281.
- Barbosa-Filho R.C. and Vooren C.M.** (2009) Monitoramento da avifauna. In: Hazin F.H.V. (ed) *O Arquipelago de Sao Pedro e Sao Paulo: 10 anos de Estacao Cientifica*. Brasilia, DF: SECIRM, pp. 260-268.
- Beamish R.J. and McFarlane G.A.** (1983) Validation of age determination estimates: the forgotten requirement. *NOAA Technical Report 8*, 29-34.
- Bezerra J.L. and Lessa R.P.** (2009) *Hirundichthys affinis*. In Lessa R.P., Nobrega M. and Bezerra J.L. (eds) *Dinamica de populacoes e avaliacao de estoques pesqueiros da regioa nordeste do Brasil*. Fortaleza, CE: Martins & Cordeiro Ltda, pp. 49-60.

**Breder C.M.** (1938) A contribution to the life histories of Atlantic Ocean flying fishes. *Bulletin of The Bingham Oceanographic Collection* 6, 1-126.

**Broeckel K. and Meyerhofer M.** (1999) Impact of the rocks of Sao Pedro and Sao Paulo upon the quantity and quality of suspended particulate organic matter. *Archive of Fishery and Marine Research* 47, 223-238.

**Bruun A.F.** (1935) Flying-fishes (Exocoetidae) of the Atlantic - Systematic and biological studies. *Dana Reports* 6, 1-108.

**Burnham K.P. and Anderson D.R.** (2002) *Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach*. New York : Springer-Verlag.

**Campana S.E. and Neilson J.D.** (1985) Microstructure of fish otolith. *Journal of Aquatic Science* 42, 1014-1032.

**Campana S.E.** (1992) Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths. In Stevenson D.K. and Campana S.E. (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 117, pp 59-71.

**Campana S.E. and Jones C.M.** (1992) Analysis of otolith microstructure data. In Stevenson D.K. and Campana S.E. (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 117, pp 73-100.

**Campana S.E.** (2001) Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* 59, 197-242.

**Ferreira P.M.P.** (2009) Zooplankton – rotíferos (*Brachionus plicatilis* e *Brachionus rotundiformis*). In Ferreira P.M.P. (ed) *Manual de cultivo e bioencapsulacao da cadeia alimentar para larvicultura de peixes marinhos*. Lisboa: Ministerio da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, pp. 106-168.

**Figueiredo J.L. and Menezes N.A.** (1978) *Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (I)*. Sao Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo.

**Geffen A.J.** (1992) Validation of Otolith Increment Deposition Rate. In Stevenson D.K. and Campana S.E. (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 117, pp 101-113.

**Gulland J.A.** (1969) *Manual of Methods for fish stock Assessment*. Rome: FAO.

**Hood G.M.** (2006) PopTools Version 2.7.5. Accessed 23 October 2011. [www.cse.csiro.au/poptools](http://www.cse.csiro.au/poptools).

**Hunte W., Oxenford H.A. and Mahon R.** (1995) Distribution and relative abundance of flyingfish (Exocoetidae) in the eastern Caribbean. II. Spawning substrata, eggs and larvae. *Marine Ecology Progress Series* 117, 25-37.

**Katsanevakis S.** (2006) Modelling fish growth: model Selection, multi-model Inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research* 81,229-235.

**Khokiattiwong S.** (1988) *Seasonal abundance and reproduction of the flyingfish Hirundichthys affinis and Parexocoetus brachypterus near Barbados.* PhD thesis, University of McGill, Montreal, Canada.

**Lao M.R.** (1989) *Distribution and abundance of flotsam, larval fish and juvenile fish off Barbados with particular reference to the Exocoetidae.* PhD thesis, University of McGill, Montreal, Canada.

**Lessa R., Mafalda P., Advíncula R., Lucchesi R., Bezerra J.L., Vaske-Jr T. and Hellebrandt D.** (1999) Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research* 47,133-146.

**Lessa R and Vaske-Jr T** (2009) A ictiofauna com ênfase aos peixes-voadores (Exocoetidae). In: Hazin F.H.V. (ed) *O Arquipelago de Sao Pedro e São Paulo: 10 anos de Estacao Cientifica.* Brasilia, DF: SECIRM, pp. 218-224.

**Lewis J., Brundritt K. and Fish A.G.** (1962) The biology of the flyingfish, *Hirundichthys affinis*, *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 12, 73- 94.

**Lipskaya N.Y.** (1974) Metabolic rates in the young of some tropical fish species. *Journal of Ichthyology* 14, 934-943.

**Monteiro A., Vaske-Jr T., Lessa R.P. and El-Deir A.C.A.** (1998) Exocoetidae (Beloniformes) of North-Eastern Brazil. *Cybium* 22, 395-403.

**Oliveira G.M., Evangelista J.E.V. and Ferreira B.P.** (1997) Consideracoes sobre a biologia e a pesca no Arquipelago dos Penedos de Sao Pedro e Sao Paulo. *Boletim Tecnico Cientifico do CEPENE* 5, 1-16.

**Oxenford H.A., Hunte W., Deane R. and Campana S.E.** (1994) Otolith age validation and growth-rate variation in flyingfish (*Hirundichthys affinis*) from the eastern Caribbean. *Marine Biology* 118, 585-592.

**Oxenford H.A., Mahon R. and Hunte W.** (1995) Distribution and relative abundance of flyingfish (Exocoetidae) in the eastern Caribbean. I. Adults. *Marine Ecology Progress Series* 117, 11-23.

**Parin N.V.** (1983) Assessment of the abundance of flyingfish by visual observation. *Biological Oceanography* 2, 341-355.

**Ricker W.E.** (1975) *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations.* Ottawa: Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada.

**Ricker W.E.** (1979) Growth rates and models. *Fish Physiology*, 8, 677-743.

**Schnute J.** (1981) A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 38,1128-1140.

**Secor D.H., Dean J.M. and Laban E.H.** (1992) Otolith removal and preparation for microstructural examination. In Stevenson D.K. and Campana S.E. (eds) *Otolith microstructure examination and analysis*. Ottawa, Canada: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science 117, pp 19-57.

**Sokal R.R. and Rohlf F.J.** (1981) *Biometry*. San Francisco: Freeman and Company.

**Sparre P. and Venema S.C.** (1997) *Introduction to tropical fish stock assessment*. Rome: FAO.

**Staiger J.C.** (1965) Atlantic flyingfishes of the genus *Cypselurus*, with descriptions of the juveniles. *Bulletin of Marine Science* 15, 672-725.

**Storey K.W.** (1983) *Aspects of the biology and fishery of the flyingfish, Hirundichthys affinis, at Barbados*. PhD thesis. University of West Indies, Cave Hill, Barbados.

**Vaske-Jr T.** (2000) *Relacoes troficas dos grandes peixes pelagicos da regio equatorial sudoeste do oceano Atlantico*. PhD thesis. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brazil.

**Vaske-Jr T.** (2010) Representantes da fauna. In Vaske-Jr T., Lessa R.P., Nobrega M.F. and Amaral F.M.D. (eds) *Arquipelago de Sao Pedro e Sao Paulo: historico e recursos naturais*. Fortaleza: NAVE/LABOMAR UFC, pp. 45-59.

**Vazzoler A.E.A. de M.** (1996) *Biologia da reproducao de peixes teleosteos: teoria e pratica*. Maringa: Editora da Universidade Estadual de Maringa.

**Yacapin N.D.** (1991) Growth, mortality and recruitment of shortwing Flyingfish *Oxyphorhampus micropterus* in Bohol Sea. *Fishbyte* 9, 10-15.

**Zar J.H.** (1996) *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

## **4.1- Normas da Revista Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (JMBA)**

### **Instructions to Authors**

Please read these instructions carefully

Last revised 21 September 2011

JMBA is an international journal, publishing original research on all aspects of marine biology. It publishes pioneering work on major issues concerning marine organisms and their environment. Subjects covered include: ecological surveys and population studies of marine communities; physiology and experimental biology; taxonomy; morphology and life history of marine animals and plants, as well as chemical and physical oceanographic studies relevant to the ecology of marine organisms.

The *JMBA* invites contributions as:

1. Research articles + figures + tables.
2. Reviews of current topics of interest. It is suggested that you contact the editorial office by e-mail ([jmba@mba.eclipse.co.uk](mailto:jmba@mba.eclipse.co.uk)) before writing/submitting a review.

### **Submission**

All new manuscripts (original submissions) should be submitted online at the following URL: <http://mc.manuscriptcentral.com/jmba>. Authors who do not yet have an account on the online submission site will need to register before submitting a manuscript. If you are unsure about your login details or whether you have an account or not, please use the password help field on the login page. Do not create a new account if you are unsure.

For file formats acceptable on submission, please refer to the following site: <http://mchelp.manuscriptcentral.com/tutorials/fileconversion.pdf>

### **Supplementary material**

Material unsuitable for inclusion in the main manuscript, such as lengthy tables and videos, may be submitted for online publication as a supplement in association with the manuscript.

### **Reviewers**

Authors are required to nominate four suitable referees together with their correct e-mail addresses at submission. The editors reserve the right not to send the manuscript to any of the nominated referees.

If you experience any difficulties submitting your manuscript, please contact ScholarOne support at <http://mchelp.manuscriptcentral.com/gethelpnow/question.htm> [For manuscripts originally submitted before 1 February 2011 please correspond by e-mail with the Journal Office at [jmba@mba.eclipse.co.uk](mailto:jmba@mba.eclipse.co.uk). Electronic files in appropriate format on CD can be posted to the Executive Editor Dr Ann Pulsford, JMBA Office, The Laboratory, Citadel Hill, Plymouth, PL1 2PB, UK. Please note that this only applies to manuscripts originally submitted before 1 February 2011.]

### **Manuscript preparation**

Manuscripts submitted to the JMBA must be original, not under consideration elsewhere and approved by all authors and institutions prior to submission. Papers

should be written in clear succinct English and sentences must not start with an abbreviation. Acronyms must be written in full on their first occurrence and SI units should be used. Scientific names must be italicized (not underlined) and at their first mention after the Abstract they must be followed by the Authority. Manuscripts should be arranged in the following order: Running Head, Title, Author(s), Address(es), Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Figures, Tables and Appendices.

**Experimental design.** All studies must have been conducted in accordance with institutional, national and international guidelines concerning the use of animals in research and/or the sampling of endangered species.

**Title (bold font).** Should be no more than 20 words with no Authorities associated with the species. A running head of not more than 43 characters should be suggested.

**Authors' addresses.** Should follow the title. Use superscript numbers to indicate different addresses.

**Abstracts (*italic font*).** A concise abstract should outline the scope, main results and conclusion(s) of the paper without discussion or Authorities associated with species.

**Keywords.** Please provide up to ten keywords.

**Headings.** Follow the style and hierarchy for each section as shown below (but see later for taxonomy): INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS (1st heading, upper case, left justified).

RESULTS (1st heading, upper case, left justified) then: The sampled population (2nd heading, bold, left justified); DENSITY AND BIOMASS (3rd heading, small capitals, left justified); Reproduction and development (4th heading, lower case italics, left justified).

DISCUSSION (1st heading, upper case, left justified). Subheadings, if used, should follow the instructions under RESULTS.

ACKNOWLEDGEMENTS (1st heading, upper case, left justified). You may acknowledge individuals or organizations that provided advice, and support (non-financial). Please also provide details of financial support for all authors, including grant numbers. For example, 'This work was supported by the Medical Research Council (grant number XXXXXXXX)'. Multiple grant numbers should be separated by a comma and space. Where research was funded by more than one agency, the different agencies should be separated by a semicolon, with 'and' before the final funder. Grants held by different authors should be identified as belonging to individual authors by the authors' initials. For example, 'This work was supported by the Wellcome Trust (A.B., grant numbers XXXX, YYYY), (C.D., grant number ZZZZ); the Natural Environment Research Council (E.F., grant number FFFF); and the National Institutes of Health (A.B., grant number GGGG), (E.F., grant number HHHH)'. Where no specific funding has been provided for research, authors should use the following statement: 'This research received no specific grant from any funding agency, commercial or not-for-profit sectors'.

**Figures.** Should be referred to in full in the body of the text (e.g. Figure 1). Figure legends should take the following style:

**Fig. 1.** *Ceratothoa collaris* Schioedte & Meinert, 1883, adult female: (A) pereopod 1; (B) pereopod 7; (C–G), pleopods 1–5, ventral view; (H) uropods. Scale bars: A–G, 2 mm; H, 3 mm.

All figures should be labelled with a medium weight sans serif font of an appropriate size to result in 8 point (3.33 mm) type when reduced to single column width. If figures are in parts, please label with upper case letters (A, B, C etc.) in the top left corner of each part. We strongly recommend saving large image files (full resolution files; any image files larger than 1 MB per file) with LZW compression to ensure they can be uploaded correctly and swiftly. Colour figures will be charged to the author(s) at a rate of £700 per page but are published free of charge in the online version, provided that black and white or half-tone images of suitable quality are provided for the printed version. Note that additional figures, as well as videos, can be submitted as supplementary material for online publication only, with a link from the original article. Final figures must be submitted as PC-compatible LZW-compressed TIFF files. For black and white line artwork (1 bit), these should be 1200 dpi resolution at final size, single column (8.5 cm) or double column (17.5 cm) width. Half-tone greyscale (8 bit) artwork should be 300 dpi at final size and combination (line/tone) colour artwork should be at 800 dpi final size. Colour half-tone images should be submitted as 300 dpi TIFF files in CMYK colour.

**Tables.** Should not be excessive in size and have informative titles. Titles, headings and footnotes are delimited by horizontal lines as shown in the example below; table headers are centred and roman (normal) typeface. Column headings are bold. The table below gives an example of layout:

Table 1. Tenacity of *Elminius modestus* and *Balanus perforatus* cypris larvae to biofilms developed at high ( $83 \text{ s}^{-1}$ ) and low ( $15 \text{ s}^{-1}$ ) shear rates. Forces of temporary adhesion are given as  $10^4 \text{ Nm}^{-1}$ .

	<i>Elminius modestus</i>			<i>Balanus perforatus</i>		
Surface	N	Mean	$\pm$ SE	N	Mean	$\pm$ SE
No biofilm	30	8.19	0.258	30	6.75	0.179
Low shear	30	7.59	0.274	30	4.94	0.136
High shear	30	9.20	0.219	30	6.50	0.162
Bartlett's statistic = 1.44; P = 0.486			Bartlett's statistic = 2.79; P = 0.248			

N, number; SE, standard error.

**Genus and species names.** Should be italicized and appear in full at each mention in a new section and if starting a sentence. In italicized text (Abstracts) species names should be normal typeface.

**Citation of literature.** References in the text should refer to the author's name (no initials) and year of publication. Two authors should be cited using '&' (Rainbow & Dellinger, 1993); for more than two authors, the name of the first author followed by 'et

al.' (Lallier et al., 1987). When citing more than one publication use date order and a semi-colon as a separator, e.g. (Mykels & Skinner, 1985a, b; Skinner, 1996; Gorind et al., 1997). The manuscript should be carefully checked to ensure the details of authors and dates cited in the text exactly match those in the reference list. Cross checking of references in the text to the cited literature and vice versa is the responsibility of the author. All literature quoted in the text must be listed in alphabetical and chronological order of author names at the end of each manuscript. When more than one publication with the same first author is cited the following order alphabetically applies: (a) single author, according to publication dates; (b) same author and one co-author; (c) same author and more than one co-author.

The style follows the full name according to the 'World List of Scientific Periodicals' latest edition, London. Titles of journals must be written in full and references to books should include the place of publication and the publisher.

**Dashes.** Hyphen between connecting words; en-dash between ranges e.g. 3–10, B–G, and between opposite words e.g. male–female pairs, size–frequency, etc.

**Taxonomy** should be presented as follows:

SYSTEMATICS (1st heading, upper case, centre justified)  
Order AMPHIPODA Latreille, 1816  
Suborder GAMMARIDEA Latreille, 1803  
Family UROTHOIDEA Bousfield, 1978  
Genus *Carangolia* Barnard, 1961  
*Carangolia barnardi* sp. nov.  
(Figures 1 – 6)

*Carangolia* spp.: Elizalde et al., 1993; Sorbe & Weber, 1995; Dauvin & Sorbe, 1995.

TYPE MATERIAL (taxonomic sub-headings, small capitals)

Holotype: adult female (oostegites developed) 2.69 mm, completely dissected and mounted on 12 slides. (OXYBENT VIII, TS05-R, N4; coordinates: 43°49.34'N 02°02.74'W; water depth: 550 m) (MNHN-Am5129); coll. J.-C. Sorbe, 19 April 1999.

Paratype: adult male (penile papillae developed) 3.88 mm partially dissected, with both first antennae, maxillipeds, epimeral plates, pleopods, and second antenna and second gnathopod mounted on three slides; rest as five pieces preserved in 70% ethanol. (ECOMARGE 93, TS08-A, Ni; 44°34.57'N 02°12.60'W; water depth: 740 – 746 m) (MNHN-Am5130); coll. J.-C. Sorbe, 23 June 1993. Twenty-one additional specimens in J.-C. Sorbe Collection.

COMPARATIVE MATERIAL EXAMINED

*Carangolia cornuta* Bellan-Santini & Ledoyer, 1986. Holotype: female completely dissected on single slide (Museo Civico di Storia Naturale di Verona, slide no. 3276); RV 'Marion Dufresne' Cruise MD08 to Marion and Prince Edward Islands, Station 17BB97 (Marion Island: 46°52.5'S 37°53.5'E); collected on 25 March 1976 with Okean grab on muddy sand, 110 m depth.

DIAGNOSIS

Carangolia with well developed pointed process on posterolateral corner of head. Coxal plate 1 with anterior and posterior margins subparallel, distal margin straight. Coxal plate 7 pointed. Basis of pereopod 6 slender, not oblong. Dactylus of pereopod 5 elongate (more than 12 times longer than wide). Telson devoid of spines.

#### KEY FOR THE GENERA OF THE ALVINOCARIDIDAE

1. Posterior telson margin armed only with spines, without plumose seta.....2  
— Posterior telson margin armed with plumose setae.....3
2. Rostrum long, depressed laterally; pterygostomal spine present; lash on first maxilliped rudimentary.....*Alvinocaris*  
— Rostrum short, compressed dorsoventrally, without teeth; pterygostomal spine absent; lash on first maxilliped well developed.....*Iorania*
3. Short rostrum present; exposed eyes separated from each other; distolateral spine present on scaphocerite.....*Chorocaris*

#### REFERENCES (1st heading, upper case, left justified)

##### Journals:

**Marshall S.M., Nicholls A.G. and Orr A.P.** (1939) On the growth and feeding of young herring in the Clyde. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 23, 427 – 455.

##### Books:

**Cushing D.H.** (1981) *Fisheries biology, a study in population dynamics*. 2nd edition. Madison: University of Wisconsin Press.

##### Chapters from books:

**Weir B.S.** (1990) Intraspecific differentiation. In Hillis D.M. and Moritz C. (eds) *Molecular systematics*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, pp. 373 – 410.

##### Symposium proceedings:

**Cinelli F., Fresi E., Mazzella L., Pansini M., Pronzato R. and Svoboda A.** (1977) Distribution of benthic phyto- and zoocoenoses along a light gradient in a superficial marine cave. In Keegan B.F., Ceidigh P.O. and Boaden P.J.S. (eds) *Proceedings of the Eleventh European Symposium on Marine Biology, University College, Galway, 5–11 October 1976. Biology of benthic organisms*. Oxford: Pergamon Press, pp. 173 – 183.

##### Book series:

**El Haj A.J., Whiteley N.M. and Harrison P.** (1992) Molecular regulation of muscle growth over the crustacean moult cycle. In El Haj A.J. (ed.) *Molecular biology of muscle*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 151 – 165. [SEB Seminar Series, no. 46.]

**Occasional publications:**

**Moore P.G.** (1984) The fauna of the Clyde Sea area. Crustacea: Amphipoda. *University Marine Biological Station Millport, Occasional Publications*, no. 2, 84 pp.

**Reports:**

**Gaard E.** (1987) An investigation of the squid *Loligo forbesi* Steenstrup on Faroe Bank. *International Council for the Exploration of the Sea (CM Papers and Reports)*, CM 1987/K:18, 9 pp.

**Baird Jr F.T.** (1953) Observations on the early life history of the giant scallop (*Pecten magellanicus*). *Research Bulletin. Department of Sea and Shore Fisheries, Maine*, no. 14, 7 pp.

**Theses:**

**Leighton D.L.** (1968) *A comparative study of food selection and nutrition in the abalone, *Haliotis rufescens* Swainson, and the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* Stimpson.* PhD thesis. University of California, San Diego, USA.

**Manuscript processing**

The editorial board reserves the right to reject papers not deemed to have high priority. An expert editor will initially assess manuscripts, before they are sent for review. After review, the editor(s) will make a decision, based on the referees' reports and their own opinions. Authors will be advised of the decision by email. Revised manuscripts must be returned online at <http://mc.manuscriptcentral.com/jmba> and should be submitted as revisions of the original. The option to revise is only available for a limited time; if you find that the revise option has expired, please contact the editors. Do not submit your revised manuscript as a new submission. The acceptance date will appear on the first page of the published manuscript.

**Revised manuscripts** and figures must be uploaded to: <http://mc.manuscriptcentral.com/jmba> (for manuscripts originally submitted after 1 February 2011).

**Proofs.** The corresponding author will receive the proofs as PDF files.

A PDF file of the electronically-published paper will be sent to the corresponding author from the publisher. There are no paper reprints.

## **5 - Artigo científico II**

Artigo científico a ser encaminhado a Revista Fishery Bulletin

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

**Biologia reprodutiva do peixe voador-holandês *Cheilopogon cyanopterus*****(Valenciennes, 1847) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo****(Nordeste do Brasil)**

Railma Maria Vilanova Rocha e Rosangela Paula Teixeira Lessa.

Universidade Federal Rural de Pernambuco; Departamento de Pesca e Aquicultura; Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois irmãos, CEP 52171-900.

+55 81 33206523

rosangela.lessa@pq.cnpq.br

**Resumo**

A biologia reprodutiva do peixe voador-holandês (*Cheilopogon cyanopterus*) foi estudada a partir de uma amostra composta por 886 fêmeas e 3205 machos, capturados na região do ASPSP entre 1995 e 2009. O comprimento zoológico dos exemplares variou de 17,2 a 40,9 cm e a proporção sexual foi de 3,61 machos para uma fêmea. A relação peso-comprimento não apresentou diferença significativa entre os sexos. A análise dos índices gonadais indicou que o período de desova ocorre entre outubro e maio, com pico março. A fecundidade total e por lote variou respectivamente de 24670 a 77409 e 2618 a 66 961, com média de 2,2 lotes eliminados durante o período reprodutivo. A maturação gonadal ocorre em indivíduos de 2205 cm CZ, com 90 dias de idade. A análise histológica das gônadas mostrou que 28% das fêmeas encontravam-se maduras/hidratadas e as demais desovadas. A presença concomitante de diferentes fases de desenvolvimento ovocitário nos cortes histológico das gônadas permitiu classificar o desenvolvimento dos ovócitos como sincrônico em mais de dois grupos, e a desova como parcelada.

**Palavras-Chaves:** Peixe-voador, reprodução, fecundidade e desova.**INTRODUÇÃO**

O peixe-voador-holandês *Cheilopogon cyanopterus* (Exocoetidae) é uma espécie pelágica, que evoluiu de ancestrais demersais (Collette et al., 1984), que ocorre em

ambos os lados do oceano Atlântico (Figueiredo e Menezes, 1978) sendo considerada recurso pesqueiro em algumas regiões do mundo (Cervigón e Fischer, 1979; Fischer et al., 1990; Cervigón et al., 1992; Lavapie-Gonzales et al., 1997).

No Brasil essa espécie é explorada pela frota que pesca atuns e afins e opera na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Essa área é de grande importância biológica exercendo papel relevante no ciclo de vida de várias espécies de peixe-voador. Constitui um importante sítio de desova, principalmente para o *C. cyanopterus*, que ali, ocorre ao longo de todo ano, formando grandes concentrações de novembro a março, período que corresponde ao pico reprodutivo no local (Lessa et al., 1999). Contudo, pouco se sabia sobre o comportamento reprodutivo dos peixes-voadores nesta região.

Entre outras peculiaridades do ciclo de vida da maioria dos peixes-voadores, destaca-se o fato dos seus ovos apresentarem longos filamentos coriônicos, utilizados para a fixação em substratos (Collette et al. 1984), o que explica o fato do ASPSP constituir um excelente local de desova, uma vez que as rochas servem de substrato para fixação dos ovos, favorecendo localmente a reprodução dessas espécies.

O ASPSP concentra também espécies pelágicas de médio e grande porte como *Thunnus albacares*, *Acanthocybium solandri*, *Elagatis bippinulata*, além de diferentes espécies de tubarões e raias que utilizam a área como zona de alimentação, quando predam ativamente o peixe voador-holandês, item que ali perfaz entre 63- 90% de seus conteúdos alimentares (Vaske-Jr, 2000). Assim, a alta captura de espécies de importância econômica no ASPSP está diretamente relacionada à predação destas espécies sobre os densos cardumes de voador-holandês (Lessa et al., 1999; Vaske-Jr et al., 2003).

Por isso, considerando a grande relevância ecológica e econômica desta espécie que é chave no ambiente estudado, ressalta-se a necessidade de conhecer os aspectos de sua biologia reprodutiva, como ferramenta indispensável para compreensão do ciclo de vida e as possíveis consequências da pesca sobre a espécie.

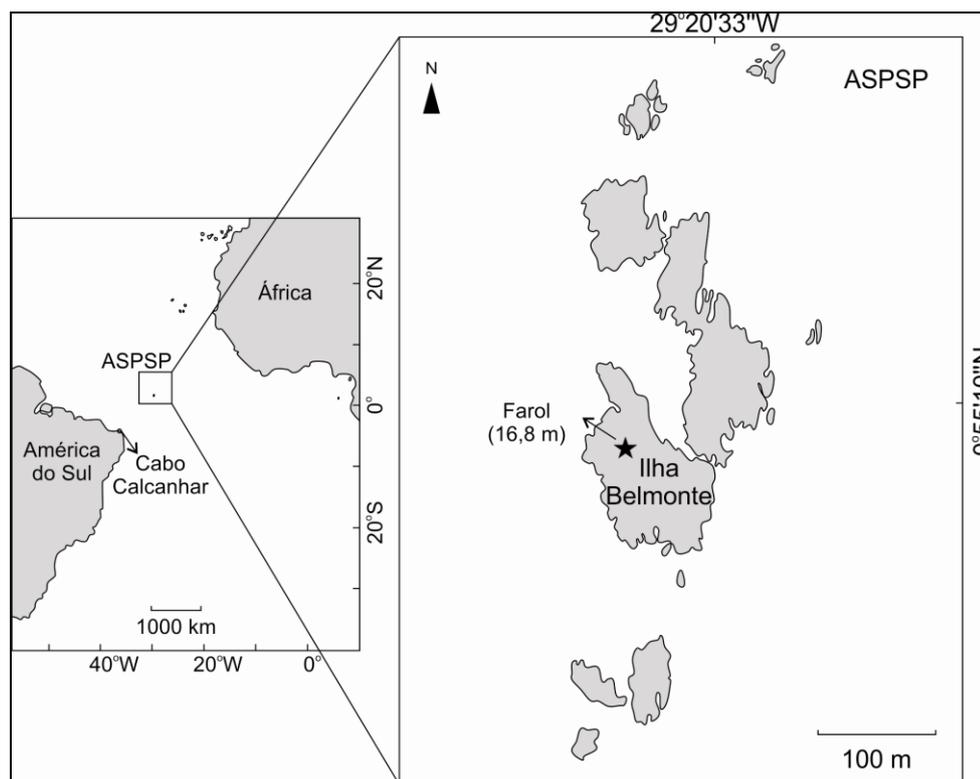


Figura.1. Localização do Arquipélago São Pedro e São Paulo (ASPSP, Brasil) no Oceano Atlântico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os peixes-voadores foram capturados, entre os anos de 1995 a 2009, a bordo de embarcações comerciais que atuam na região do ASPSP ( $00^{\circ} 56'N$  e  $029^{\circ} 22'W$ ) (Figura 1), sendo a maioria dos indivíduos capturados por atração luminosa.

Para cada exemplar capturado foram registrados o sexo, por meio de incisão ventral para exposição das gônadas, o comprimento zoológico (FL), o peso total (TW), o peso eviscerado (EW) e o peso das gônadas (GW) com precisão de 1 mm e 0.1 g,

respectivamente. As gônadas foram removidas e fixadas em solução de formol a 10% para análise histológica.

Para análise macroscópica do desenvolvimento gonadal foi utilizada a escala de classificação proposta por Vazzoler (1996), incluindo os estágios: imaturo, em maturação, maduro e desovado.

Para análise histológica as gônadas de 71 fêmeas, foram desidratados, diafanizados, incluídos em parafina, seccionados a 5 $\mu$ m de espessura e coradas pelo método tradicional de hematoxilina/eosina. A classificação histológica das gônadas foi determinada com base no desenvolvimento dos ovócitos presentes nos cortes histológicos, considerando o estágio de desenvolvimento predominante ou o mais avançado.

A proporção sexual foi determinada a partir da frequência de machos e fêmeas durante todo período de amostragem. Para testar a hipótese de igualdade aplicou-se aos resultados o teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (Zar, 1996).

Foram calculados para cada exemplar o fator de condição total  $K = TW/FL^b$  e o fator somático  $K_s = EW/FL^b$  e suas médias obtidas para cada mês amostrado. O  $\Delta K$  foi obtido pela diferença entre  $K$  e  $K_s$ . O valor do coeficiente  $b$ , das equações, foi estimado da relação peso-comprimento obtida a partir da equação  $TW = aFL^b$ , onde  $a$  e  $b$  são parâmetros do modelo. Diferenças significativas entre os valores de  $b$  da relação peso-comprimento entre machos e fêmeas, foram testados pelo teste-t de Student's (Zar, 1996).

O Índice Gônadosomático (IGS) estimado pela equação  $IGS = GW/TW * 100$  (Vazzoler, 1996), foi calculado para cada indivíduo e analisado para sexos separados, e a partir dos valores médios mensais obtidos para machos e fêmeas determinou-se o período reprodutivo.

A fecundidade foi estimada pelo método gravimétrico (Vazzoler, 1996), a partir da contagem do número de ovócitos contidos em fragmentos de gônadas com peso de 0,5 g retirados da porção anterior, média e posterior.

A fecundidade total (FT) foi estimada por regra de três simples a partir da média do número de ovócitos contidos nos fragmentos de gônadas e o peso total das gônadas. A fecundidade por lote (FL) também foi estimada por regra de três simples, utilizando a média do número de ovócitos hidratados contidos nos fragmento.

O número de lotes eliminados durante o período reprodutivo foi estimado através da relação FT/FL (Morse, 1980), que consiste na divisão do numero total de ovócitos presente nas gônadas pelo número total de ovócitos presente em um lote. As medidas dos diâmetros dos ovócitos foram utilizadas para obtenção da distribuição de frequência.

Devido à ausência de fêmeas jovens na amostra, o tamanho médio de primeira maturação gonadal ( $L_{50}$ ) foi estimado para os sexos agrupados, utilizando a porcentagem de indivíduos maduros em cada classe de comprimento zoológico, através da função  $PM = 100/[1 + e^{-a(LF-LF_{50})}]$  onde  $PM$  é a porcentagem de indivíduos maduros,  $a$  e o  $LF_{50}$  que corresponde ao comprimento zoológico correspondente a 50% dos indivíduos maduros, são parâmetros do modelo.

A idade média de primeira maturação gonadal ( $t_{50}$ ) foi estimada através do modelo inverso de Gompertz,  $t_{50} = \text{Log}(a) - \text{Log}[-\text{Log}(L_{50}/L_{\infty})]/k$ , utilizando os parâmetros de crescimento obtidos por Rocha et al. (2012), onde  $t_{50}$  = idade de primeira maturação gonadal no comprimento  $L_{50}$ ;  $a$  = parâmetro do modelo;  $k$  = coeficiente de crescimento;  $L_{50}$  = comprimento médio de primeira maturação gonadal na idade  $t_{50}$ ;  $L_{\infty}$  = comprimento teórico.

## RESULTADOS

Dos 4093 espécimens de peixe-voador capturados durante os anos de 1995 a 2009, 886 eram fêmeas e 3207 eram machos, com razão sexual (macho: fêmea) de 3,61:1, diferindo significativamente da proporção de 1:1 ( $\chi^2 = 1314,70$ ; GL=1;  $p < 0,0001$ ). A proporção sexual para cada época de desova favoreceu os machos durante todos os anos, variando de 5,87M:1F em 2007 a 2,85M:1F em 1996, com destaque para as amostras coletadas em 2005 compostas inteiramente por machos.

A distribuição de frequência de comprimentos foi significativamente diferente entre machos e fêmeas (Mann-Whitney,  $p < 0,0001$ ). O comprimento zoológico variou de 17,2 a 40,9 cm, com média para os machos de 28,8 (SE=1,45), encontrando-se a maior parte dos indivíduos nas classes 28 a 29 cm, já as fêmeas apresentaram comprimento médio de 31,5 (SE=1,99), com moda nas classes 31 a 32 cm, sendo maiores que os machos tanto na amostra total como nas amostras anuais (Figura 2).

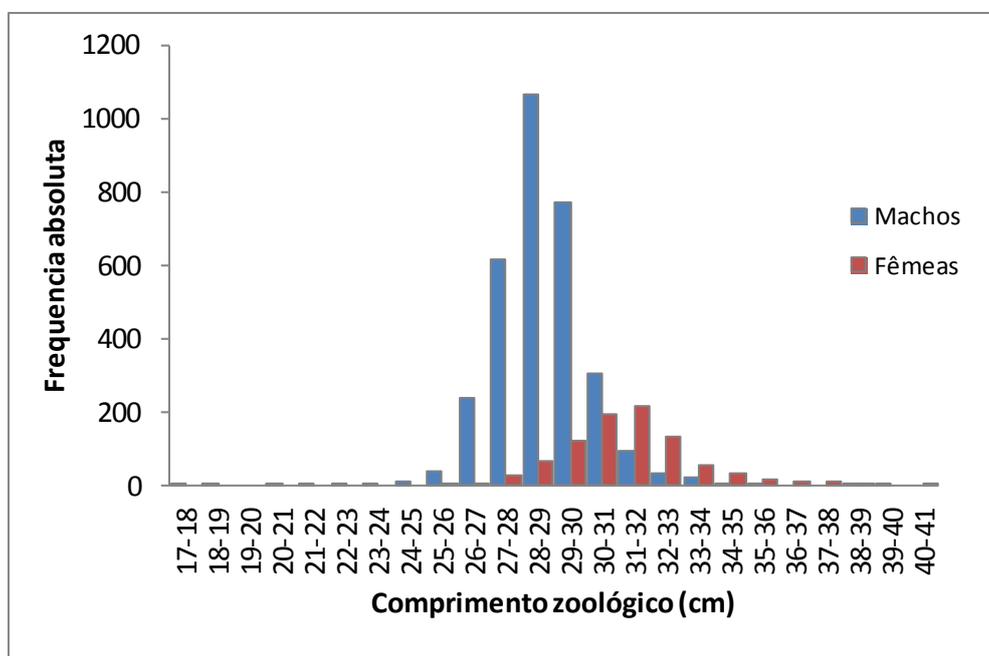


Figura.2. Distribuição da frequência de comprimentos do peixe-voador *C. cyanopterus* coletados na região do ASPSP, durante os anos de 1997 a 2009.

A equação obtida para a relação peso total-comprimento zoológico foi estabelecida usando-se uma subamostra composta por 1005 indivíduos. Os dados foram analisados separadamente para machos e fêmeas, entretanto a análise de covariância mostrou que não existe diferença significativa entre ambas as equações, (ANCOVA,  $p = 0,061$ ). Sendo, portanto a relação peso-comprimento representada pela equação  $TW = 0,0098 FL^{3,0652}$  obtida para os sexos agrupados (Figura 3).

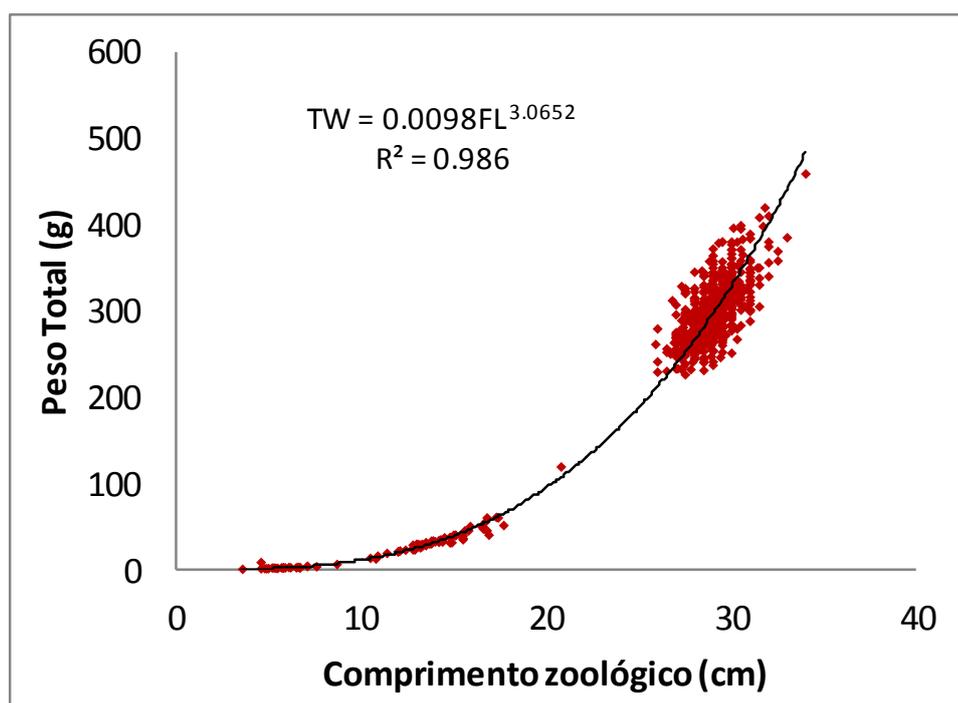


Figura.3. Relação peso total-comprimento zoológico para o peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.

Os valores médios do fator de condição  $K$  e do fator somático  $K_s$ , obtidos mensalmente para machos e fêmeas apresentaram tendência similar. As fêmeas apresentaram valores mais pronunciados em dezembro e de março a abril, com maior valor registrado para o mês de dezembro (Figura 4A). Para os machos, os valores médios mensais apresentaram pequenas oscilações, atingindo valores pronunciados em novembro, fevereiro e maio, sendo o valor mais alto registrado para o mês de novembro (Figura 4B).

Por outro lado, os valores médios da variação mensal de  $\Delta K$  obtido pela diferença entre o fator de condição  $K$  e o fator somático  $K_s$ , que representa o fator gonadal apresentaram para as fêmeas, picos em outubro e de dezembro a março (Figura 5A). Para os machos a variação mensal de  $\Delta K$  apresentou picos, durante setembro, dezembro, fevereiro e abril (Figura 5B). Os valores mais elevados de  $\Delta K$  correspondem ao período reprodutivo, cujo pico para as fêmeas ocorre em março (Figura 5A).

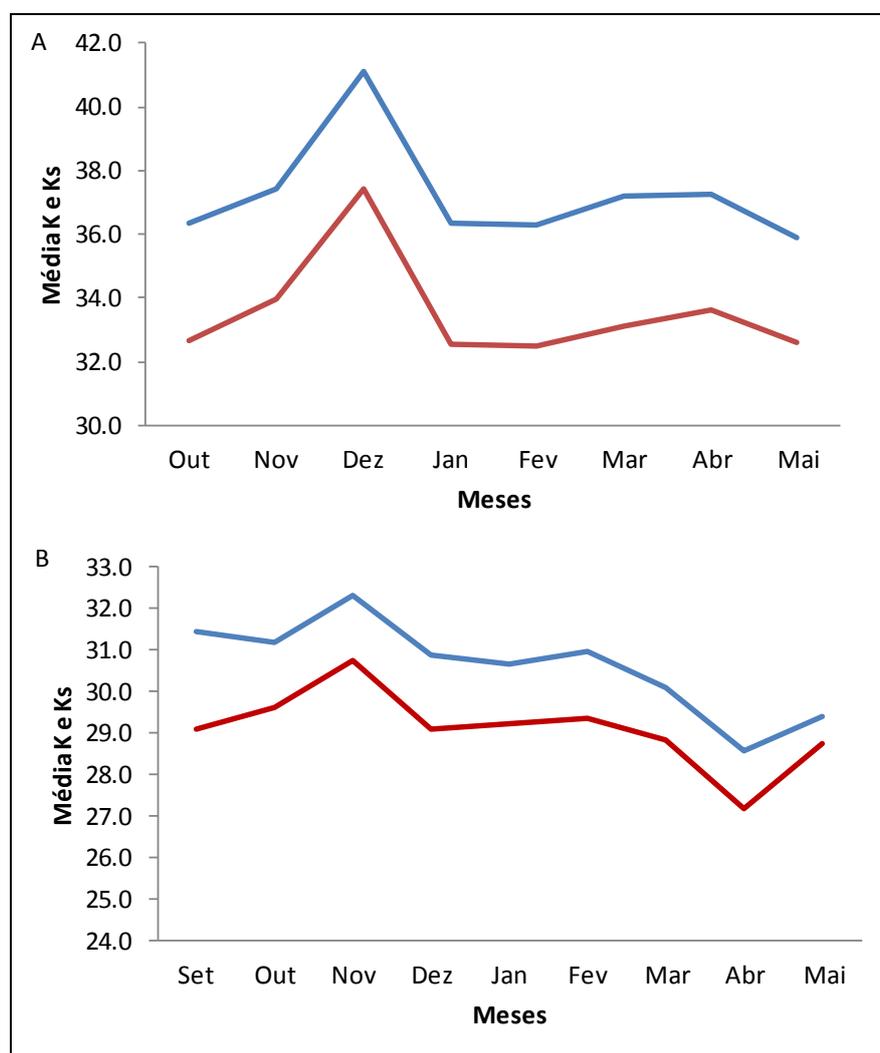


Figura.4. Variação mensal dos fatores de condição  $K$  (linha azul) e do fator somático  $K_s$  (linha vermelha) para fêmeas (A) e machos (B) para o peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.

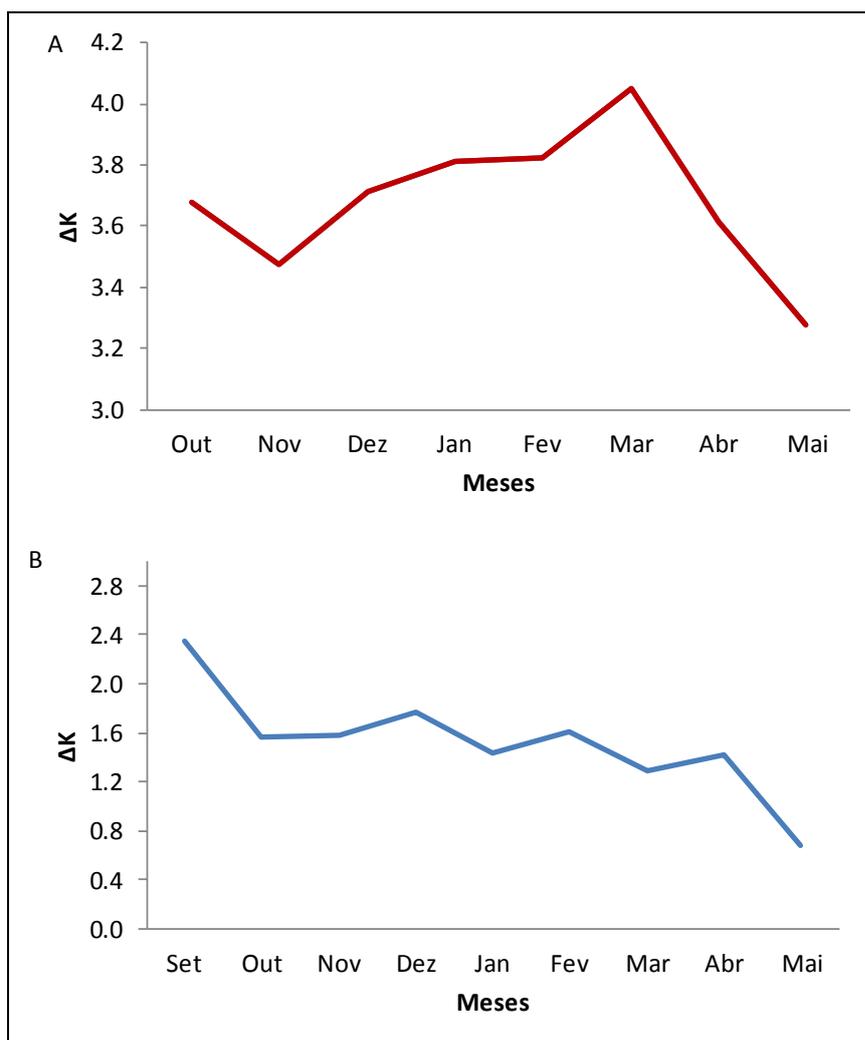


Figura.5. Variação mensal do Índice Gonadal (IG) para fêmeas (A) e machos (B) do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.

A variação mensal do índice gonadossomático é mostrada na figura 6. Para as fêmeas, os valores médios de IGS variaram de 4,9 a 9,2, sendo o valor médio mais alto registrado para o mês de fevereiro (Figura 6A), quando o peso das gônadas atingiu cerca de 10% do peso eviscerado. De outubro a janeiro, o IGS apresentou pequena oscilação, variando entre 6,9 a 7,4, representando em média 8,3% do peso. Os valores de IGS mais baixos foram registrados em outubro e maio.

Durante os meses de julho a setembro nenhuma fêmea foi coletada, no entanto, a distribuição mensal dos valores de IGS indica um período de reprodução acentuado (outubro a maio) para as fêmeas de *C. cyanopterus*.

Para os machos, a tendência anual mostrou um padrão semelhante, com forte variação apenas em outubro e janeiro, quando foram registrados os valores máximos de 15,42 e 12,9 respectivamente. Nos demais meses, observou-se a ocorrência de pequenas oscilações, com os valores médios variando entre 1,2 e 1,79 (Figura 6B).

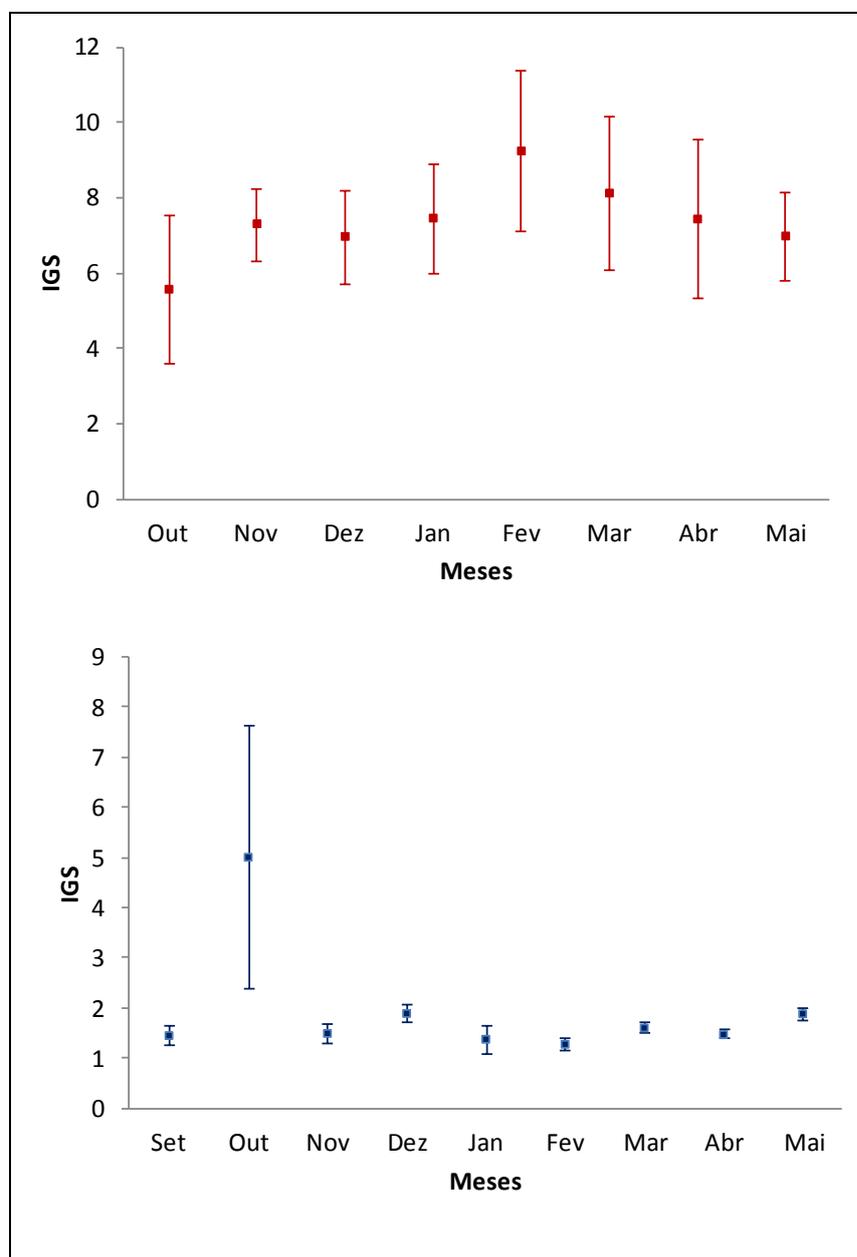


Figura.6. Variação mensal do Índice gonadosomático (IGS) (■ média; Barras verticais: média  $\pm$  0,95 Conf. Interval) para fêmeas (A) e machos (B) do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.

A fecundidade total variou de 24670 a 77409 ovócitos com média de 50593. A fecundidade por lote estimada a partir da contagem dos ovócitos hidratados variou de 5695 a 48665 com média de 29531 ovócitos por lote desovado, e média de 2,2 lotes eliminados por fêmeas durante o período reprodutivo. A relação entre o peso das gônadas e a fecundidade mostrou forte correlação (Figura 7).

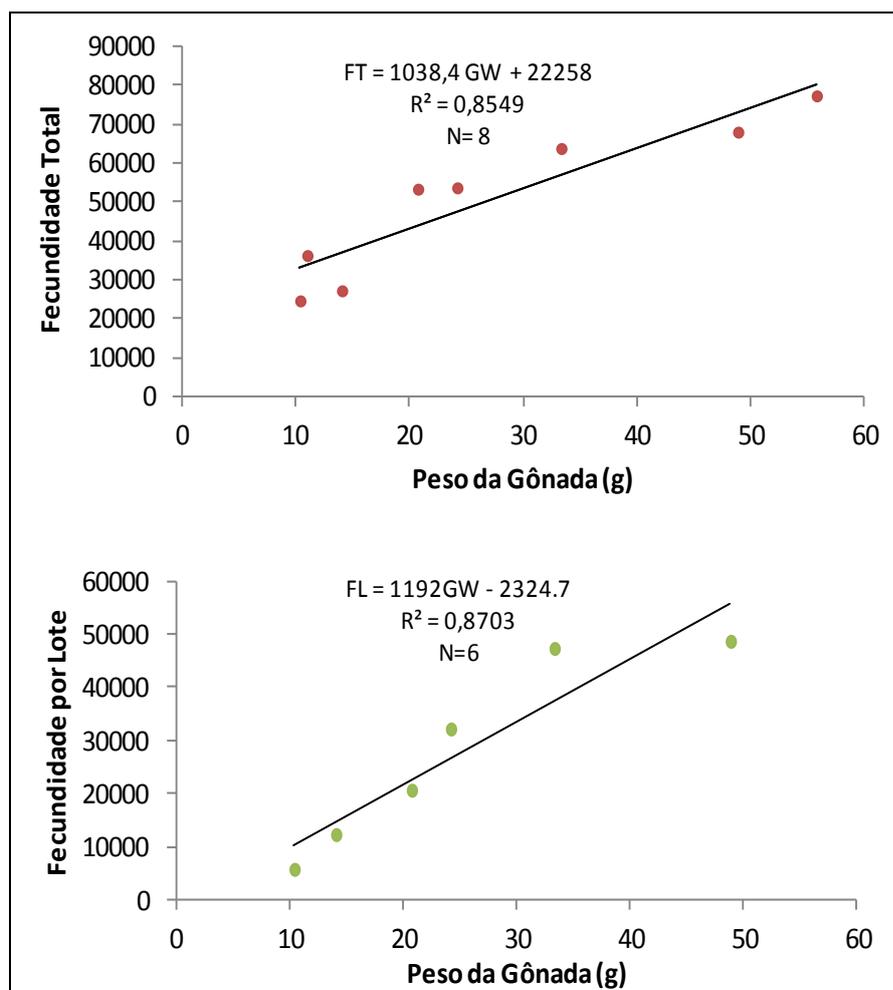


Figura.7. Fecundidade total e fecundidade por lote em função do peso das gônadas do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.

A distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos mostrou dois principais grupos de ovócitos maiores que 200  $\mu\text{m}$  (Figura 8). O grupo entre 201 e 800  $\mu\text{m}$  de diâmetro com pico modal na classe 401-600  $\mu\text{m}$ , composto por ovócitos vitelogênicos e

o grupo com diâmetros superiores a 800  $\mu\text{m}$  composto principalmente por ovócitos hidratados.

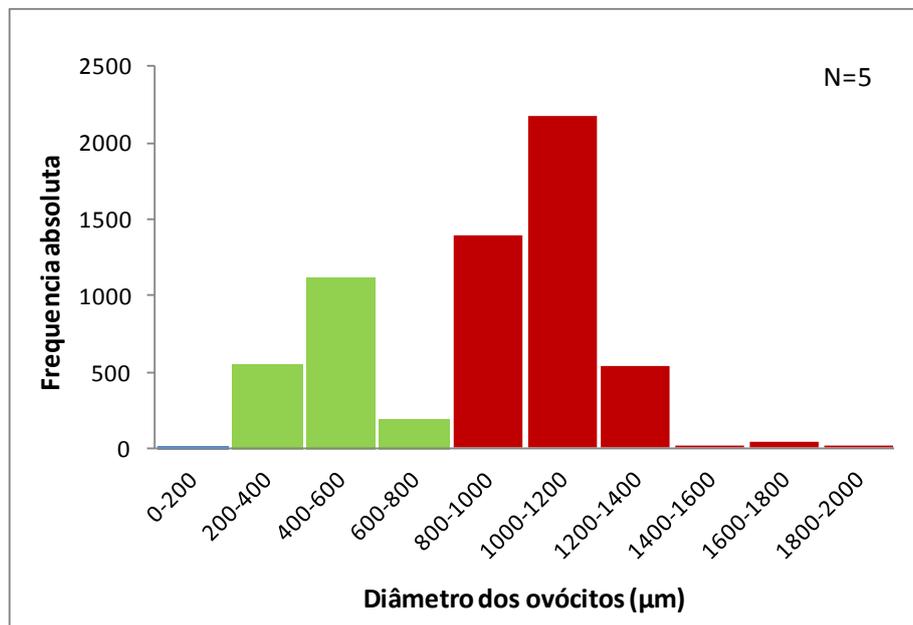


Figura.8. Distribuição de frequência do diâmetro dos ovócitos do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP (Barra azul – ovócitos pré-vitelogênicos; Barras verde – ovócitos vitelogênicos; Barras vermelha – ovócitos hidratados).

O tamanho de primeira maturação gonadal foi estimado em 22,05 cm de comprimento zoológico para sexos agrupados (Figura 9). Substituindo-se o valor de  $L_{50}$  no modelo inverso de Gompertz, obteve-se, como idade de primeira maturação gonadal do *C. cyanopterus*,  $t_{50} = 90$  dias.

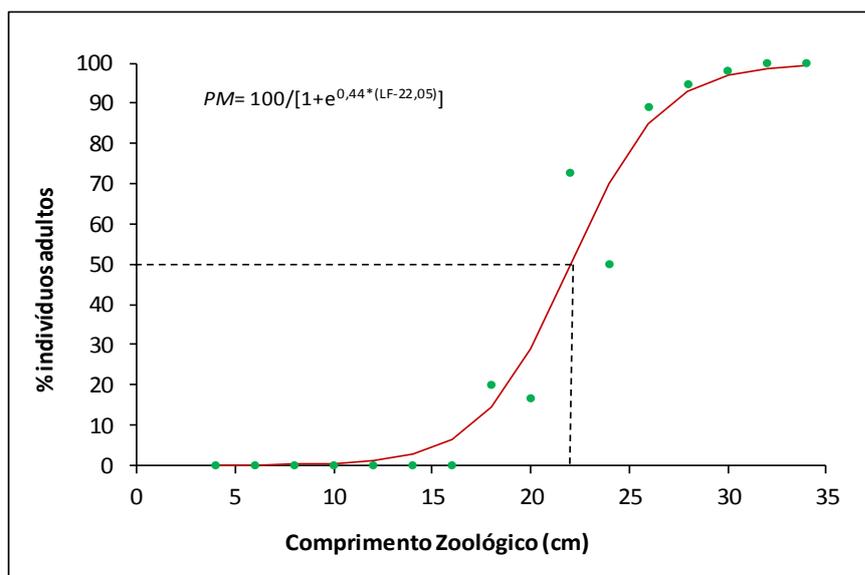


Figura.9. Diagrama de dispersão e regressão logística ajustada à frequência relativa de indivíduos adultos por classe de comprimento (linha tracejada indica o comprimento médio de maturação gonadal) do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP.

### **Análise Histológica**

A análise histológica dos 51 ovários de *C. cyanopterus* mostrou que 28% das fêmeas encontravam-se maduras/hidratadas (Fig.10A) e 72% desovadas (Fig.10B). A caracterização e quantificação dos ovócitos hidratados e dos folículos pós-ovulatórios foram determinantes para a classificação dos estágios de maturação gonadal. Os ovários foram classificados como maduros quando apresentaram ovócitos em vitelogênese proteica e/ou ovócitos hidratados, e as fêmeas desovadas foram classificadas de acordo com abundância de folículos pós-ovulatórios.

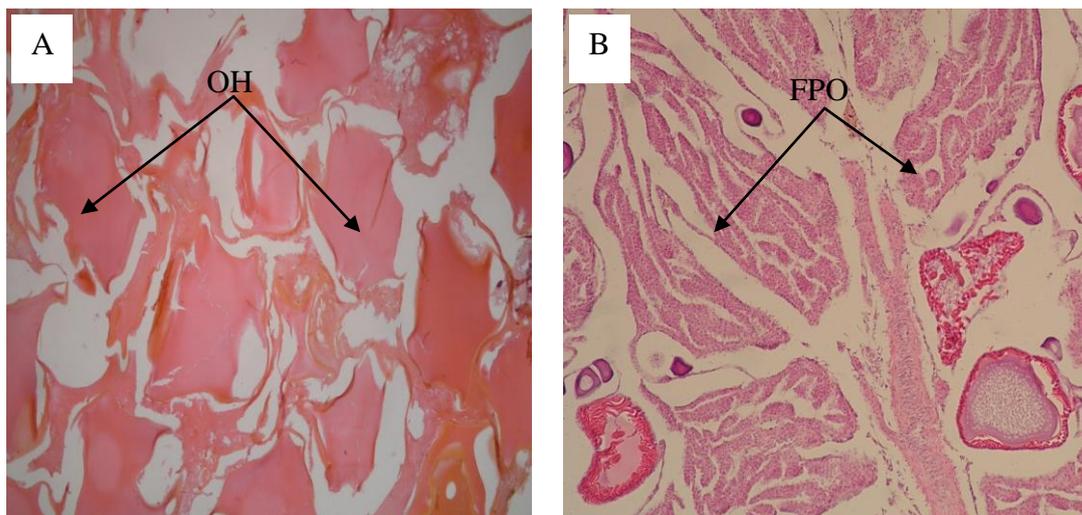


Figura.10. Cortes histológicos do ovário de do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPSP, onde se observam ovócitos hidratados- OH (A) e folículo pós-ovulatórios- FPO (B). Aumento 10x.

Quatro grupos de desenvolvimento ovocitário foram identificados e classificados de acordo com sua morfologia: 1) Pré-vitelogênico - ovócitos que não tinham iniciado a vitelogêneses (ovócitos com cromatina nucleolar (Fig.11A) e ovócitos perinucleolar (Fig. 11B); 2) Vitelogêneses lipídica – ovócitos que apresentavam elevado crescimento citoplasmático devido à deposição lipídica (Fig.11C); 3) Vitelogênese proteica – ovócitos com elevada deposição proteica (Fig.11D); 4) Ovócitos hidratados (Fig.10A). Além disso, foi observada a presença de ovócitos atrésicos (Fig.11F).

O desenvolvimento dos ovócitos foi consistente com desova parcelada, uma vez que foram identificados concomitantemente nos cortes histológicos a presença de folículos pós-ovulatórios, ovócitos hidratados e em vitelogêneses final, o que sugere que o peixe já desovou mais de uma vez, e que o desenvolvimento dos ovócitos é sincrônico em mais de dois grupos o que caracteriza a desova parcelada.

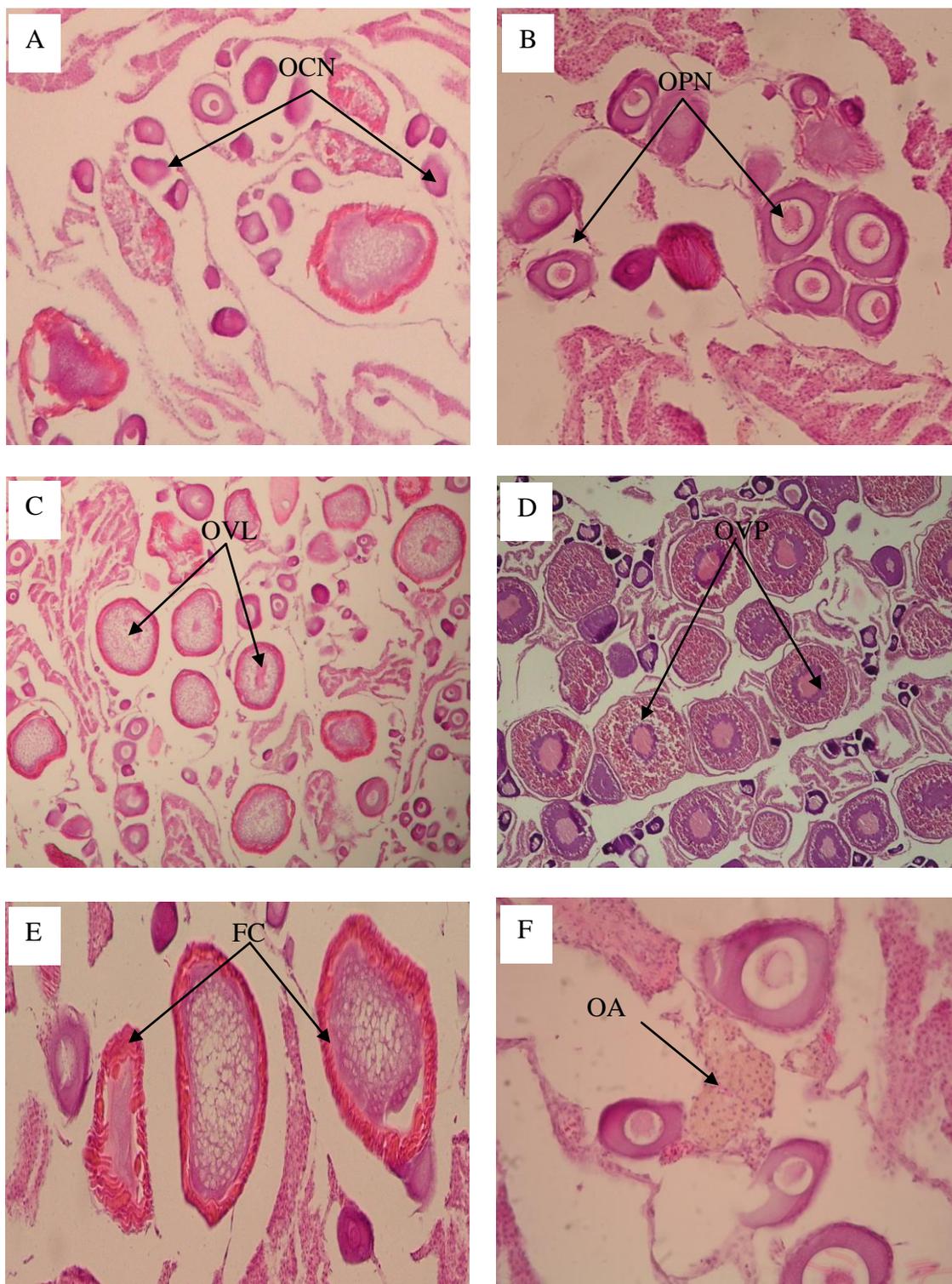


Figura.11. Cortes histológicas do ovário do peixe-voador *C. cyanopterus* na região do ASPS, onde se observam ovócitos em várias fases de desenvolvimento. A) ovócito cromatina nucleolar-OCN (4x), B) ovócitos perinucleolar-OPN (40x), C) ovócito vitelogêneses lipídica-OVL (10x), D) ovócito em vitelogêneses proteica-OVP (10x), E) Filamentos coriônicos-FC (10x). E estruturas derivadas. F) folículo atrésico-FA (40x).

## DISCUSSÃO

Devido às condições físicas favoráveis a região do ASPSP tem sido referida como área de desova para várias espécies de peixe voador, com destaque para as grandes concentrações do *C. cyanopterus* entre dezembro e março, quando a espécie se agrega nesse local para reproduzir-se (Lessa et al., 1999).

Entre as hipóteses para a agregação do *C. cyanopterus* nos rochedos durante a época de desova, está à presença física das rochas que atuam como substrato para retenção dos ovos, que assim como a maioria dos peixes voadores (Evans 1961, Collette et al., 1984, Andrianov e Lakshminaraina 1994, Hunte et al., 1995, Khokiattiwong et al., 2000) também apresenta na estrutura morfológica dos seus ovos, filamentos coriônicos utilizados para fixação no substrato, como evidenciado pela análise histológica das gônadas em nossos estudos (fig.11E).

De acordo com Brockel e Meyerhofer (1999) os peixes voadores desovam nesta região, depositando seus ovos no fundo ou mesmo dentro das cavernas, onde eles podem se desenvolver melhor do que a deriva, e onde durante as primeiras fases do ciclo de vida, as larvas podem encontrar alimento suficiente para se desenvolver.

A produção primária no ASPSP é limitada, por sofrer influência direta de uma termoclina permanente, que forma uma barreira ecológica que reduz a renovação dos nutrientes entre as camadas profundas e superficiais (Zagaglia, 1998; Travassos et al., 1999), não existindo portanto nenhuma evidencia de que a concentração de peixes voadores nessa área seja devido a fenômenos superficiais de enriquecimento de nutrientes e plâncton. Além disso, os peixes voadores não se alimentam durante o período reprodutivo (Lessa e Vaske-Jr, 2009), o que significa que a presença do *C. cyanopterus* no ASPSP é exclusivamente relacionada com a atividade reprodutiva, que é favorecida pela presença das rochas.

Em geral, durante o período reprodutivo, a proporção sexual para o *C. cyanopterus* na região do ASPSP é frequentemente diferente da proporção de 1:1, sendo os machos normalmente mais abundantes do que as fêmeas (Lessa e Vaske-Jr, 2009). A predominância de machos a cada período reprodutivo, também foi observada no presente estudo que atingiu marca de 5,87M: 1F. Esses resultados também corroboram com os dados de Barros e Morais (1968) que, encontraram 91,6% de machos e 8,4% de fêmeas durante a prospecção de áreas de pesca do peixe-voador *C. cyanopterus*, ao longo do litoral de Pernambuco e Paraíba.

Diferenças na proporção sexual durante o período de desova, também são relatadas para outras espécies de peixe voador, como para *Parexocoetus brachypterus* no nordeste do golfo do México (Stevens et al., 2003) e *Hirundichthys affinis* em Barbados (Khokiattiwong et al., 2000).

Entretanto, uma possível explicação para os desvios encontrados pode estar associada ao fato dos machos estarem distribuídos mais próximos da superfície, onde exibem atividade reprodutiva por períodos mais prolongados, e assim como mencionados para *P. brachypterus* (Stevens et al., 2003) os machos supostamente apresentam melhor atividade natatória e melhor capacidade para voar, o que os tornam mais suscetíveis à captura.

Considerando que em populações de peixes voadores em equilíbrio, os machos atingem capacidade de reprodução primeiro que as fêmeas e se mantêm nesta condição por muito mais tempo (Khokiattiwong et al., 2000), outro fator importante que pode estar associado aos resultados aqui obtidos, a luz do que ocorre para *H. affinis*, trata-se da elevada mortalidade pós-desova (Oxenford et al., 1984; Lessa e Vaske-Jr, 2009).

De acordo com os índices gonadais o período reprodutivo do *C. cyanopterus* na região do ASPSP ocorre entre outubro e maio, com intensa atividade reprodutiva de

dezembro a março, mês que corresponde ao pico reprodutivo da espécie nesse local, tendo o início do desenvolvimento gonadal a partir do mês de outubro.

Estudos sobre ovos e larvas realizados por Lessa et al., (1999) em janeiro e fevereiro mostraram que *C. cyanopterus* representa 73% do total das larvas identificadas no ictionêuston, corroborando com os nossos resultados, que enquadra esse mês dentro do período de elevada intensidade reprodutiva para a espécie, sendo assim evidenciado pela abundância de larvas e também pela presença de fêmeas desovadas (72% das gônadas analisadas microscopicamente).

Como para *H. affinis* no Caribe (Mahon et al., 1986) a forte sazonalidade de desova do *C. cyanopterus* no ASPSP é sugerida por Lessa e Vaske-Jr (2009) como estreitamente influenciada pela alta precipitação, resultante da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que ocasiona maiores índices pluviométricos no período e, conseqüentemente, menores salinidades superficiais. Assim, segundo os autores citados o início das precipitações pluviométricas se constituiriam no sinal ambiental determinante das aglomerações da espécie no ASPSP.

A observação de diferentes fases de desenvolvimento ovocitário nas gônadas de fêmeas maduras do *C. cyanopterus* demonstra que, o desenvolvimento dos ovócitos obedece ao tipo sincrônico em mais que dois grupos, o que sugere que nem todos os ovos tornam-se maduros de uma só vez e que cada indivíduo deve efetuar múltiplas desovas durante a temporada reprodutiva. Evento semelhante também é relatado para *Hirundichthys affinis* (Storey, 1983; Cruz e Araújo, 1971), *Exocoetus obtusirostris* e *E. volitans* (Alekseev et al., 1989) e *Cypselurus hiraii* (Abe et al., 1993), sendo portanto a desova classificada como parcelada.

A fecundidade total para *C. cyanopterus* apresentou média de 50,593 ovócitos. No que se refere à fecundidade por lote a média de ovócitos liberados foi de 29,531,

com frequência de desova média de 2,2 lotes eliminados por fêmea durante o período reprodutivo. Storey (1983) registrou para *H. affinis* em Barbados, fecundidade por lote média de 7, 084 ovócitos e sugere que eles podem desovar até quatro vezes durante o seu curto ciclo de vida. Para a mesma espécie no nordeste do Brasil, Monte (1965) estimou a fecundidade entre 5,700 e 7,100. Entretanto, Storey (1983) menciona que a fecundidade aumenta bruscamente com o tamanho do peixe, o que pode explicar os valores de fecundidade observados neste trabalho para *C. cyanopterus*, cujo comprimento zoológico para as fêmeas variou de 26,0 a 40,9 cm de comprimento zoológico enquanto que para *H. affinis* o comprimento máximo observado foi de 25,2 cm de comprimento zoológico.

Segundo Kovalevskaya (1982) espécies pequenas de peixe voador, apresentam fecundidade por lote entre 400 e 1.100 ovos. Em espécies maiores a fecundidade é consideravelmente maior, variando entre 16.000 e 24.000 ovos. Entretanto, Gillett & Ianelli (1991) mencionam que a fecundidade em um único lote não é necessariamente uma medida do potencial reprodutivo total do referido indivíduo, isso por que muitas espécies de peixe voador desovam várias vezes durante o período de desova, e sugere que a fecundidade total gera uma melhor estimativa da produção de descendentes.

Entretanto, ressalta-se a baixa fecundidade registrada para os peixes voadores. Característica que associada a baixa longevidade dessas espécies adverte para a necessidade de se desenvolver medidas de manejo e acompanhamento constante dessas populações, já que a recuperação do estoque ocorreria de forma muito lenta.

Devido à ausência de fêmeas jovens na amostra, o tamanho e a idade de primeira maturação gonadal foram obtidos para sexos agrupados. O tamanho de primeira maturação gonadal foi estimado em 22,05 cm, com 90 dias de idade, e apesar de relativos a ambos os sexos, podem ser utilizados como referência, e assim subsidiar a

atuação da atividade pesqueira sobre a espécie. Em nossa amostra, este comprimento é menor que as classes mais capturadas tanto para os machos quanto para as fêmeas, o que significa que os indivíduos tem oportunidade de reproduzir-se antes de serem capturados pela pesca, sendo por tanto um indicativo positivo de como a pesca atua sobre esta espécie na região do ASPSP.

Assim, o ciclo reprodutivo do voador-holandês no ASPSP é marcado pela presença de machos maduros por um período um pouco mais prolongado que os de fêmeas, ocorrendo durante os meses de Setembro a Maio, e pela presença de fêmeas maduras, cuja atividade reprodutiva tem início em outubro e se estende até maio, período em que todas as fêmeas coletadas encontravam-se maduras/hidratadas ou desovando, sendo, portanto considerado como período de desova da espécie.

#### AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem aos Drs. Teodoro Vaske Jr. e Analbery Monteiro, aos bolsistas do Programa REVIZEE, aos estudantes que participaram do Projeto DIPPRO do Programa PROARQUIPÉLAGO pela coleta de exemplares no ASPSP. A primeira autora recebeu da CAPES bolsa de mestrado e a autora sênior contou com Bolsa de Produtividade em Pesquisa do CNPq, Cat I (Proc: 303604/07-Oc).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abe, O., Kawano, M. and Teshima, K. 1993. Ovarian maturation and spawning of flying fish, *Cypselurus hiraii*, in the southwest Japan Sea. Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst. 71, 67-81.

Alekseev, F.E., Alekseeva, E.P. and Grudtsev, M.E. 1989. Some aspects of the reproductive biology of flying fishes of the genus *Exocoetus* of the Atlantic Ocean. J. Ichthyol. 29, 50-61.

Andrianov, D.P. and Lakshminaraina, D. 1994. Data on the reproduction of three species of flying fish (Exocoetidae) in the coastal waters of southeastern India. *J. Ichthyol.* 34, 12-26.

Barros, A.C., Morais, S.B. 1968. Prospecção de áreas de pesca de peixe voador (*Cypselurus cyanopterus*, Valenciennes, 1846) ao longo do Litoral dos Estados de Pernambuco e Paraíba. *Bol.Est. Pesca SUDENE.* B (3) 9-16.

Brockel, K and Meyerhofer, M. 1999. Impact of the Rocks of São Pedro and São Paulo upon the quantity and quality of suspended particulate organic matter. *Arch. Fish. Mar. Res.* 47(2/3), 223-238.

Cervigón, F. and Fischer, W. 1979. Catálogo de especies marinas de interes econômico actual potencial para América Latina. Parte 1. Atlántico centro y suroccidental. FAO/UNDP, SIC(79). Rome, 1979, 1372p.

Cervigón, F., Cipriani, R., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, A.J., Márquez, R., Poutiers, J.M., Robaiana, G. and Rodriguez, B. 1992. Fichas FAO de identificación de especies para lós fines de La pesca. Guía de campo de lãs espécies comerciales marinas e de aguas salobres de La costa septentrional de Sur América. FAO. Rome, 1992, 513p.

Collette, B.B., McGowen, G.E., Parin, N.V. and Mito, S. 1984. Beloniformes: development and relationships. In: Moser, H.G., Richards, W.J., Cohen, D.M., Fahay, M.P., Kendall, A.W., Richardson, S.L. (eds). *Ontogeny and systematics of fishes.* Amer. Soc. Ichthyol. Herpetol. Spec. Publ. New York. 760 p.

CRUZ, J.F. e ARAÚJO, M.S. 1971. Notas sobre alimentação de *Hirundichthys affinis* (Gunther, 1866). Ao largo do Nordeste brasileiro. *Bol. Inst. Biol. Mar.* 5(3), 1-37.

Evans, J.W. 1961. Normal stages of the early development of the flying fish, *Hirundichthys affinis* (Gunther, 1866). *Bull. Mar. Sci.* 11, 483-502.

Fischer, W., Sousa, I., Silva, C., Freitas, A., Poutiers, J.M., Schneider, W., Borges, T.C., Feral, J.P. and Massinga, A. 1990. Fichas FAO de identificação de espécies para actividades de pesca. Guia de campo das espécies comerciais marinhas e de águas salobras de Moçambique. FAO, Roma, 424 p.

Figueiredo, J.L. e Menezes, N.A. 1978. Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). São Paulo, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 110p.

Froese, R. (2006) Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations, *J. Appl. Ichthyol.* 22, 241-253.

Gillet, R., Ianelli, J. 1991. Aspects of the biology and fisheries of flyingfish in the Pacific Islands. FAO/UNDP Regional Fishery Support Programme.

Hunte, W., Oxenford, H.A. and Mahon, R. 1995. Distribution and relative abundance of flyingfish (Exocoetidae) in the eastern Caribbean. II. Spawning substrata, eggs and larvae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 117, 25–37.

Khokiattiwong, S., Mahon, R. and Hunte, W. 2000. Seasonal abundance and reproduction of the fourwing flyingfish, *Hirundichthys affinis*, off Barbados. *Environ. Biol. Fish.* 59, 43-60.

Kovalevskaya, N. 1982. Superfluous reproduction and development of flyingfishes of the family Exocoetidae. *J. Ichthyol.* 22(4), 48-54.

Lavapie-Gonzales, F., Ganaden, S.R. and Gayanilo-Jr, F.C. 1997 Some population parameters of commercially important fishes in the Philippines. Bureau of fisheries and Aquatic Resources, Philippines, 114 p.

Lessa, R., Mafalda-Jr, P., Advíncula, R., Lucchesi, R., Bezerra-Jr, J.L., Vaske-Jr, T. and Hellebrandt, D. 1999 Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil, *Arch. Fish. Mar. Res.* 47, 133-146.

Lessa, R and Vaske-Jr, T. 2009 A ictiofauna com ênfase aos peixes-voadores (Exocoetidae). In: Hazin, F.H.V. (ed) O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica. SECIRM, Brasília.

Mahon, R., Oxenford, H., Hunte, W. 1986. Development strategies for flyingfish fisheries of the eastern Caribbean. International Development Research Centre Man. Rep. 128p.

Monte, S. 1965. Contribuição ao estudo da reprodução do voador *Hirundichthys affinis* (Gunther, 1866). Bol. Inst. Biol. Mar. 2, 1-18.

Morse, W.W. 1980. Spawning and fecundity of Atlantic Mackerel, *Scomber scombrus*, in the Middle Atlantic Bight. Fish. Bull. 78(1), 103-109.

Oxenford H.A., Hunte, W., Deane, R. and Campana, S.E. 1994. Otolith age validation and growth-rate variation in flyingfish (*Hirundichthys affinis*) from the eastern Caribbean. Mar. Biol. 118, 585-592.

Rocha, R.M.V. 2012. Idade, crescimento e biologia reprodutiva do peixe voador-holandês *Cheilopogon cyanopterus* do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Brasil.

Sparre, P. and Venema, S.C. (1998) Introduction to tropical fish stock assessment. FAO, Rome, 1998, 407p.

Stevens, P.W., Bennett, C.K. and Berg, J.J. 2003. Flyingfish spawning (*Parexocoetus brachypterus*) in the northeastern Gulf of Mexico. Environ. Biol. Fish. 67, 71-76.

Storey, K. W. 1983. Aspects of the biology and fishery of the flyingfish, *Hirundichthys affinis*, at Barbados. M. Ph. Thesis, University of West Indies, Barbados. 161 p.

Travassos, P.F., Hazin, H.V., Zagaglia, J.R., Advíncula, R. e Schober, J. 1999. Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brasil. Arch. Fish. Mar. Res. 47(2/3), 211-222.

Vaske-Jr, T. 2000. Relações tróficas dos grandes peixes pelágicos da região sudoeste equatorial do oceano Atlântico. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brazil.

Vaske-Jr, T., Vooren, C.M. and LESSA, R.P. 2003. Feeding strategy of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago. Bol. Int. Pesca. 29(1), 173-181.

Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, Editora da Universidade Estadual de Maringá. 169p.

Zagaglia, J. R. 1998. Caracterização da Estrutura Termoclinal da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste Brasileiro. Monografia de Graduação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Brasil.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd edition. New Jersey: Prentice Hall, 662p.

## 5. 1- Normas da Revista Fishery Bulletin

Guidelines for authors

### Manuscript Preparation

Contributions published in Fishery Bulletin describe original research in marine fishery science, fishery engineering and economics, as well as the areas of marine environmental and ecological sciences (including modeling). Preference will be given to manuscripts that examine processes and underlying patterns. Descriptive reports, surveys, and observational papers may occasionally be published but should appeal to an audience outside the locale in which the study was conducted. Although all contributions are subject to peer review, responsibility for the contents of papers rests upon the authors and not on the editor or publisher. Submission of an article implies that the article is original and is not being considered for publication elsewhere. **Articles** may range from relatively short contributions (10–15 typed, double-spaced pages, tables and figures not included) to extensive contributions (20–30 typed pages). Manuscripts must be written in English; authors whose native language is not English are strongly advised to have their manuscripts checked by English-speaking colleagues before submission.

**Title page** should include authors' full names and mailing addresses and the senior author's telephone, fax number, and e-mail address. Abstract should be limited to 250 words (one-half typed page), state the main scope of the research, and emphasize the author's conclusions and relevant findings. Do not review the methods of the study or list the contents of the paper. Because abstracts are circulated by abstracting agencies, it is important that they represent the research clearly and concisely.

**General text** must be typed in 12-point Times New Roman font throughout. A brief introduction should convey the broad significance of the paper; the remainder of the paper should be divided into the following sections: **Materials and methods, Results, Discussion, Conclusions, and Acknowledgments**. Headings within each section must be short, reflect a logical sequence, and follow the rules of subdivision (i.e., there can be no subdivision without at least two items). The entire text should be intelligible to interdisciplinary readers; therefore, all acronyms, abbreviations, and technical terms should be written out in full the first time they are mentioned.

For general style, follow the U.S. Government Printing Office Style Manual (2008. [Available at <http://www.gpoaccess.gov/stylemanual/index.html>]) and Scientific Style and Format: the CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers (2006, 7<sup>th</sup> ed.) published by the Council of Science Editors. For scientific nomenclature, use the current edition of the American Fisheries Society's Common and Scientific Name of Fishes from the United States, Canada, and Mexico and its companion volumes (Decapod Crustaceans, Mollusks, Cnidaria and Ctenophora, and World Fishes Important to North Americans). For species not found in the above mentioned AFS publications and for more recent changes in nomenclature, use the Integrated Taxonomic Information System (available at <http://itis.gov/>), or, secondarily, the California Academy of Sciences' Catalog of Fishes (available at <http://researchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>) for

species names not included in ITIS. Citations must be given of taxonomic references used for the identification of specimens. For example, "Fishes were identified by using Collette and Klein-MacPhee (2002); sponges were identified by using Stone et al. (2011)."

Dates should be written as follows: 11 November 2000. Measurements should be expressed in metric units, e.g., 58 metric tons (t); if other units of measurement are used, please make this fact explicit to the reader. Use numerals, not words, to express whole and decimal numbers in the general text, tables, and figure captions (except at the beginning of a sentence). For example: We considered 3 hypotheses. We collected 7 samples in this location. Refrain from using the shorthand slash (/), an ambiguous symbol, in the general text.

**Equations and mathematical symbols** should be set from a standard mathematical program (MathType) or tool (Equation Editor in MS Word). LaTeX is acceptable for more advanced computations. For mathematical symbols in the general text ( $\alpha$ ,  $\chi^2$ ,  $\pi$ ,  $\pm$ , etc.), use the symbols provided by the MS Word program and italicize all variables. Do not use the photo mode when creating these symbols in the general text.

**Literature cited section** comprises published works and those accepted for publication in peer-reviewed journals (in press). Follow the name and year system for citation format in the "Literature cited" section (that is to say, citations should be listed alphabetically by the authors' last names, and then by year if there is more than one citation with the same authorship). If there is a sequence of citations in the text, list chronologically: (Smith, 1932; Green, 1947; Smith and Jones, 1985). Abbreviations of serials should conform to abbreviations given in Cambridge Scientific Abstracts ([http://www.csa.com/ids70/serials\\_source\\_list.php?db=aquclust-set-c](http://www.csa.com/ids70/serials_source_list.php?db=aquclust-set-c)). Authors are responsible for the accuracy and completeness of all citations. Literature citation format: Author (last name, followed by first-name initials). Year. Title of article. Abbreviated title of the journal in which it was published. Always include number of pages. Cite all software and special equipment or chemical solutions used in the study within parentheses in the text (e.g., SAS, vers. 6.03, SAS Inst., Inc., Cary, NC).

**Footnotes** are used for all documents that have not been formally peer reviewed and for observations and communications. These types of references should be cited sparingly in manuscripts submitted to the journal. All reference documents, administrative reports, internal reports, progress reports, project reports, contract reports, personal observations, personal communications, unpublished data, manuscripts in review, and council meeting notes are footnoted in 9 pt font and placed at the bottom of the page on which they are first cited. Footnote format is the same as that for formal literature citations. A link to the online source (e.g., [Available at <http://www/.....> , accessed July 2007.]), or the mailing address of the agency or department holding the document, should be provided so that readers may obtain a copy of the document.

**Tables** are often overused in scientific papers; it is seldom necessary or even desirable to present all the data associated with a study. Tables should not be excessive in size and must be cited in numerical order in the text. Headings should be short but ample enough to allow the table to be intelligible on its own. All unusual symbols must be explained in the table legend. Other incidental comments may be footnoted with italic numeral footnote markers. Use asterisks only to indicate significance in statistical data.

Do not type table legends on a separate page; place them above the table data. Do not submit tables in photo mode.

**Figures** must be cited in numerical order in the text. Graphics should aid in the comprehension of the text, but they should be limited to presenting patterns rather than raw data. Figures should not exceed one figure for every four pages of text. Figures must be labeled with number of the figure. Avoid placing labels vertically (except for y axis). Figure legends should explain all symbols and abbreviations seen in the figure and should be double-spaced on a separate page at the end of the manuscript. Color is allowed in figures to show morphological differences among species (for species identification), to show stain reactions, and to show gradations in temperature contours within maps. Color is discouraged in graphs, and for the few instances where color may be allowed, the use of color will be determined by the Managing Editor.

- Probability is notated with a capital, italic *P*.
- Zeros should precede all decimal points for values less than one.
- Capitalize the first letter of the first word in all labels within figures.
- Do not use overly large font sizes in maps and for units of measurements along axes in figures.
- Do not use bold fonts or bold lines in figures.
- Do not place outline rules around graphs.
- Use a comma in numbers of five digits or more (e.g., 13,000 but 3000).
- Maps require a North arrow and degrees latitude/longitude (e.g., 170°E).

**Failure to follow these guidelines  
and failure to correspond with editors  
in a timely manner will delay  
publication of a manuscript.**

**Copyright law** does not apply to Fishery Bulletin, which falls within the public domain. However, if an author reproduces any part of an article from Fishery Bulletin in his or her work, reference to source is considered correct form (e.g., Source: Fish. Bull. 97:105).

### **Submission**

Submit manuscript online at <http://mc.manuscriptcentral.com/fisherybulletin>. Commerce Department authors should submit papers under a completed NOAA Form 25-700. For further details on electronic submission, please contact the Associate Editor, Kathryn Dennis, at

[kathryn.dennis@noaa.gov](mailto:kathryn.dennis@noaa.gov)

When requested, the text and tables should be submitted in Word format. Figures should be sent as PDF files, Windows metafiles, TIFF files, or EPS files. Send a copy of figures in the original software if conversion to any of these formats yields a degraded version.

### **Questions?**

If you have questions regarding these guidelines, please contact the Managing Editor, Sharyn Matriotti, at [sharyn.matriotti@noaa.gov](mailto:sharyn.matriotti@noaa.gov)

Questions regarding manuscripts under review should be addressed to Kathryn Dennis, Associate Editor.

## 6- Sínteses dos resultados obtidos e recomendações

De maneira geral, os resultados aqui relatados fornecem as informações básicas para avaliação do estoque de *C. cyanopterus* na região do ASPSP. A idade dos indivíduos foi determinada através da contagem do número de microincrementos de crescimento presentes na microestrutura do otólito lápilo, e o padrão de deposição diária dos microincrementos confirmado a partir do cultivo de larvas em laboratório. As idades variaram de 14 a 383 dias para indivíduos com comprimento zoológico variando entre 4,6 e 36,1 cm. Os parâmetros de crescimento determinados para essa área de estudo mostram que esta espécie apresenta alta taxa de crescimento e baixa expectativa de vida, o que inicialmente pode induzir a estimativas errôneas sobre o potencial de exploração deste recurso.

Tradicionalmente, o peixe-voador-holandês tem sido explorado como isca na pesca de linha de mão, dirigida à captura de grandes predadores pelágicos, como *Thunnus albacares*, *Thunnus obesus* e *Acanthocybium solandri*. Entretanto, a tendência crescente dessa prática, desperta a preocupação de que este recurso possa tornar-se objeto de sobrepesca, uma vez que seu curto ciclo de vida é marcado por características que evidenciam a fragilidade do estoque caso exposto a uma exploração inadequada.

Como característico das espécies anuais *C. cyanopterus* possui ciclo reprodutivo bem definido e sazonalidade bem marcada e embora ocorra ao longo de todo ano na região do ASPSP suas maiores concentrações ocorrem de novembro a abril. No entanto, os valores registrados para os índices gonadais revelam que o período reprodutivo desta espécie ocorre entre outubro e maio, o que comprova que o período de maior concentração e conseqüentemente de maior exploração do peixe-voador-holandês se sobrepõem a época de desova. Assim, as capturas nessa área são dirigidas ao estoque

desovante, fato confirmado pela análise das gônadas neste trabalho, onde se destaca a presença principalmente de fêmeas maduras.

O período reprodutivo da espécie é prolongado, com desova do tipo parcelada, a fecundidade por lote média foi estimada em 29,531 ovócitos, com cerca de 2,2 lotes eliminados por cada fêmea durante o período reprodutivo, o que evidencia que *C. cyanopterus*, ao contrario de outras espécies pelágicas com ciclo de vida curto e crescimento rápido, apresenta baixa taxa de fecundidade.

Durante todos os meses de coleta ocorreu predominância significativa de machos, inclusive durante o ciclo reprodutivo, sendo ainda desconhecidos os fatores que promovem o desequilíbrio da população quanto à proporção sexual.

A maior abundancia de indivíduos machos ocorreu nas classes de 27 e 29 cm de comprimento zoológico, entretanto, as fêmeas atingiram comprimentos significativamente maiores que os machos, com modas nas classes de 31 e 32,2 cm. A relação peso-comprimento não mostrou diferenças significativas para machos e fêmeas, indicando que não há nenhum dimorfismo sexual para essa espécie. *C. cyanopterus* atinge maturidade gonadal com comprimento zoológico de 22,05 cm com aproximadamente 90 dias de idade.

Apesar do elevado numero de exemplares analisados neste estudo, alguns aspectos relativos à idade e a reprodução ainda encontram-se obscuros. No entanto, nossos resultados principalmente sobre os aspectos reprodutivos sugerem, que a abundância do estoque pode sofrer influencias direta de um esforço de pesca desordenado, podendo levar a uma crise de depleção, com conseqüências econômicas importantes, por causa da relação presa-predador entre o voador-holandês e os grandes peixes pelágicos que tem este como alimento preferencial.

Desse modo, a sobrepesca do voador-holandês pode produzir efeitos em toda teia alimentar e influenciar diretamente as capturas de espécies de alto valor econômico, que se agregam na região do ASPSP exclusivamente para alimenta-se dos peixes-voadores.

Assim, recomenda-se que o plano de manejo para o peixe-voador-holandês seja elaborado considerando a proteção do estoque desovante, e para que esse objetivo seja alcançado, faz-se necessário estabelecer o controle do esforço de pesca uma vez que constituir possíveis períodos de “defeso” seria inapropriado para a espécie visto que esses indivíduos estão nessa área para reproduzir-se.

Cabe ainda destacar, a necessidade de se desenvolver novos estudos que deverão contemplar, entre outros, os seguintes pontos:

- Estimar a abundância e a distribuição do estoque.
- Estimar a mortalidade natural e a mortalidade por pesca;
- Estudar a relação entre estoque jovem e estoque adulto;
- Estudar os fatores ambientais e sua influencia sobre a variação sazonal;