

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

Dissertação de Mestrado

**A INTERPRETAÇÃO DA MICROESTRUTURA E
MACROESTRUTURA DOS OTÓLITOS NA
DETERMINAÇÃO DE IDADES, ESTIMATIVA DO
CRESCIMENTO E IDADE DE PRIMEIRA MATURAÇÃO
DE *Urophycis brasiliensis* NO SUL DO BRASIL**

LETÍCIA MARIA CAVOLE

Orientador: Prof. Dr. Manuel Haimovici

RIO GRANDE
Agosto de 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

**A INTERPRETAÇÃO DA MICROESTRUTURA E
MACROESTRUTURA DOS OTÓLITOS NA
DETERMINAÇÃO DE IDADES, ESTIMATIVA DO
CRESCIMENTO E IDADE DE PRIMEIRA MATURAÇÃO
DE *Urophycis brasiliensis* NO SUL DO BRASIL**

LETÍCIA MARIA CAVOLE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Haimovici

RIO GRANDE
Agosto de 2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família; à minha mãe por ter apoiado meus estudos desde a tenra infância e ao meu pai por ter me dado asas para voar e correr atrás dos meus sonhos. A primeira ofertou as ferramentas necessárias ao aprendizado, e o segundo, a motivação e a visão de deslumbramento diante da natureza e seus processos mais delicados.

Ao meu orientador pela assiduidade, zelo e competência no decorrer do trabalho, mas acima de tudo, por ter reforçado a visão racional e cética imprescindível para a evolução da ciência.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Jorge Pablo Castello, Dr. Nelson Fountora e Dr. Luiz Felipe Dumont pelos seus valiosos comentários e sugestões ao trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa e ao programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica pela alta qualidade do programa ofertado.

Aos colegas Márcio Freire, Luis Gustavo e Édgar Guillén do Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes pela ajuda na coleta, processamento e análise de dados, e por compartilhar a experiência no estudo dos recursos pesqueiros. Ao mestre José, da embarcação “Carlos D’Ávila”, pelas amostras de abróteas fêmeas grandes e vistosas.

À nova e maravilhosa família cassineira; Mirta, Jordana, Pablo e Lucila.

Ao companheiro José Frigério, por adicionar ritmo e melodia à minha vida.

Aos amigos de longa data; Ana Claudia Justiniano, Paula Hatum, Bruna Cavole, Mara Luciana, e Fernanda Pandim. Quatro de vocês estão fisicamente distantes, mas extremamente próximas de meus ideais, sendo fonte constante de inspiração.

Muito obrigada a todos!

INDICE

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	7
3. RESULTADOS.....	14
4. DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	27
6. LITERATURA CITADA.....	28
7. TABELAS.....	39
8. FIGURAS.....	45
9. APÊNDICE: MANUSCRITO para periódico Fishery Bulletin.....	62

RESUMO

A incerteza sobre as determinações de idades da abrótea *Urophycis brasiliensis* registrada em diversos trabalhos constitui um entrave para o estudo de sua estratégia de vida e eventualmente da avaliação do seu estado de exploração. Foram registrados comprimentos totais (CT ; 133 - 600 mm), sexos, estágios de maturação sexual ($n = 507$) e coletados os otólitos *sagitta* ($n = 441$) de exemplares desembarcados pela pesca comercial ao longo do sul do Brasil, entre junho de 2012 e julho de 2013. A reprodução não apresenta sazonalidade definida, a espécie é desovante múltipla, e os tamanhos de primeira maturação sexual ocorre com 296 mm nos machos e 402 mm nas fêmeas. As análises de incrementos marginais sobre os otólitos não permitiram validar a periodicidade anual na alternância de bandas opacas e translúcidas na macroestrutura dos otólitos. Em contraste, a microestrutura de 52 juvenis (46 - 231 mm CT) mostrou a deposição de microincrementos nítidos com uma taxa de crescimento diário consistente com o observado em outros gadiformes. O crescimento foi descrito pelo modelo de von Bertalanffy (VB) através de uma abordagem bayesiana com dados de microestrutura e valores de comprimento assintótico (CT_{∞}) estimados a partir das composições de comprimentos de desembarques e dos comprimentos de primeira maturação sexual (CT_{50}). A consistência do modelo foi testada pela comparação das curvas de crescimento estimadas para duas espécies na região para as quais se contam com contagens de anéis diários e *annuli* validadas (*Micropogonias furnieri* e *Macrodon atricauda*). Os parâmetros de von Bertalanffy estimados para as fêmeas de abrótea foram $CT_{\infty} = 580$ mm, $k = 0,71 \text{ ano}^{-1}$, e $t_0 = -0,01$ ano, e para machos foram $CT_{\infty} = 380$ mm, $k = 1,19 \text{ ano}^{-1}$, e $t_0 = -0,01$ ano. As idades de primeira maturação sexual foram de 1,3 anos ($ICr_{95\%} = 1,1 - 1,5$) para os machos e 1,7 anos ($ICr_{95\%} = 1,6 - 1,8$) para as fêmeas, consistentes com outras espécies congêneres. A abordagem proposta pode ser uma alternativa para espécies

com a macroestrutura dos otólitos de difícil interpretação, para os quais se contam com contagens de anéis diários nos otólitos dos juvenis.

Palavras-chave: *Urophycis brasiliensis*, idade e crescimento, ciclo reprodutivo, anéis diários, abordagem bayesiana.

ABSTRACT

Uncertainty over the determination of ages for the Brazilian codling *Urophycis brasiliensis* reported in several papers have hampered the study of its life strategy and stock assessment. Data from total length (TL : 133 - 600 mm), sex, maturity and *sagitta* otoliths were collected from specimens landed by commercial fishing along southern Brazil between June 2012 to July 2013. The reproduction occurs throughout the year, the species is a multiple spawning, and the estimated length at first maturity was 296 mm and 402 mm TL for males and females, respectively. The annual periodicity of alternate opaque and hyaline bands on sectioned otoliths was not validated. Nonetheless, the microstructure of the otoliths of 52 juveniles (46-231 mm TL) showed a clear deposition pattern and daily growth rates consistent with other gadiformes. Growth was described by von Bertalanffy model using a Bayesian approach combining microstructure data and asymptotic length (L_{∞}) estimated from the length composition in commercial landings and lengths at first maturity (L_{50}). The consistence of the model was tested by comparing the estimated growth curves of two species with validated age determination at annual and daily scale (*Micropogonias furnieri* and *Macrodon atricauda*). von Bertalanffy growth parameters of Brazilian codling females were $L_{\infty} = 580$ mm, $k = 0,71 \text{ year}^{-1}$, and $t_0 = -0,01$ year and those of males were $L_{\infty} = 380$ mm, $k = 1,19 \text{ year}^{-1}$, and $t_0 = -0,01$ year. The credibility intervals ($IC_{95\%}$) for age at first maturity was 1.6 to 1.8 years

for females and 1.1 to 1.5 years for males, in agreement with other congeners. The proposed approach can be an alternative for species with complex pattern of opaque and translucent bands in which daily rings can be observed.

Keywords: *Urophycis brasiliensis*, age and growth, reproductive cycle, daily growth increments, Bayesian approach.

1. INTRODUÇÃO

Características da espécie

A abrótea, *Urophycis brasiliensis* (Kaup, 1858) (Phycidae, Gadiformes), é uma espécie costeira endêmica do Atlântico Sul-ocidental, cuja distribuição abrange desde Rio de Janeiro, Brasil, 23° S (Figueiredo & Menezes, 1978) e o sul da Província de Buenos Aires, na Argentina, 35° S (Cousseau, 1993). A espécie, de hábito bentônico-demersal, ocorre principalmente em fundos arenosos em profundidades que variam de 10 a 220 m no sul do Brasil (Haimovici *et al.*, 1996; 2008).

U. brasiliensis apresenta uma boca grande, levemente protrátil com ligeiro prognatismo superior, e com a presença de dentes pequenos curvados até a região faríngea, possibilitando capturar, penetrar e reter suas presas (Goldstein, 1986). A anatomia externa da espécie está intimamente relacionada com a vida bentônica, apresentando barbilhões, nadadeiras modificadas e filamentos livres (Pearson *et al.*, 1980). Os juvenis se alimentam de epifauna bentônica e os adultos são nectófagos-bentófagos com predomínio de camarões e peixes (Goldstein, 1988; Martins, 2000). Na mesma região, em maiores profundidades, ocorre a congênere *Urophycis mystacea* (Ribero, 1903, Haimovici *et al.*, 1994). As duas espécies se diferenciam

morfologicamente no tamanho do olho, menor em *U. brasiliensis* (Fig. 1), que também possui um prolongamento do terceiro raio da aleta dorsal (Figueiredo & Menezes, 1978; Cousseau, 1993).

Pesca e abundância

Devido à semelhança morfológica entre *U. brasiliensis* e *U. mystacea* estas espécies nem sempre foram discriminadas nos portos de desembarque. Os desembarques de *U. mystacea* foram pouco significativos até o final da década de 90, uma vez que essa espécie ocupa regiões de maior profundidade que não eram exploradas pela frota até aquele momento. Já os desembarques de *U. brasiliensis* flutuaram em torno de um mesmo patamar de 1983 a 1992, e a partir de então, aumentaram até o final da década de 90 (Haimovici *et al.*, 2006). Desta forma, os desembarques em alguns anos (i.e., ano 2001) da categoria “abrétea”, que inclui as duas espécies, não podem ser tomados como índices de capturas de *U. brasiliensis*, somente.

A espécie faz parte das capturas das frotas de arrasto de fundo (portas, parelhas e tangones) e de emalhe de fundo no sul do Brasil durante todo o ano. A produção da pesca industrial de *U. brasiliensis* desembarcada em Santa Catarina em 2011 foi de 945 t (UNIVALI, 2013) e o desembarque industrial e artesanal registrado no Rio Grande do Sul em 2011 foi de 652 t (CEPERG, 2012). Em levantamentos sazonais de distribuição e abundância de peixes demersais na plataforma continental do sul do Brasil entre 1981 e 1983, exemplares de *U. brasiliensis* de 90 a 590 mm ocorreram em 77,2% dos 193 lances realizados abrangendo todas as épocas do ano e faixas de profundidades, e os juvenis menores de 150 mm recrutaram-se na faixa costeira na primavera e verão (Haimovici *et al.*, 1996).

Reprodução

A estimação dos tamanhos, idades de maturação sexual, períodos reprodutivos, assim como a identificação das áreas de desova e de criação, são informações importantes para compreender o ciclo de vida das espécies (King, 2007; Pavlov *et al.*, 2009). Alguns aspectos da reprodução de *U. brasiliensis* foram estudados no litoral Uruguaio (Vizziano *et al.*, 1993, Acuña *et al.* 2000, Viana *et al.*, 2000). Estes autores observaram que a abrótea possui desova ao longo de todo o ano. No Brasil, Chaves (1989), ao estudar as características da maturação ovocitária das fêmeas de *U. brasiliensis* no litoral de São Paulo, concluiu que sua desova é múltipla, sem determinar sua sazonalidade.

Crescimento

A determinação de idades constitui uma das áreas de estudo fundamentais para o entendimento da biologia pesqueira e dinâmica populacional de recursos pesqueiros (Campana, 2001), sendo essencial para as estimativas de crescimento, longevidade e mortalidade (Ricker, 1975). Os otólitos são estruturas amplamente empregadas na determinação etária de peixes juvenis e adultos (Pannella, 1971; Morales-Nin & Panfili, 2002, Campana, 2005). Nas espécies que apresentam um claro padrão de deposição de zonas com diferentes densidades ópticas na microestrutura do otólito, a contagem dos microincrementos diários possibilita determinar as idades com precisão, determinar taxas de crescimento diário (Methot, 1983), e avaliar mudanças na história de vida (Brothers *et al.*, 1976; Brothers & McFarland, 1981; Green *et al.*, 2009).

Urophycis brasiliensis foi objeto de diversos trabalhos de determinação de idades e crescimento baseado na macroestrutura dos otólitos. Andrade *et al.* (2004, 2005) examinaram cortes de otólitos provenientes da pesca industrial desembarcada no porto de Itajaí, Santa Catarina, registrando até 16 bandas opacas e translúcidas alternadas,

alertando para o insucesso na validação da periodicidade anual destas bandas. Acuña (2000) examinou cortes de otólitos de abróteas coletadas no estuário do Rio da Prata e litoral uruguaio, observando até 23 bandas opacas e translúcidas alternadas, consideradas *annuli*, sem no entanto obter sucesso na validação, além de ressaltar a existência de múltiplos anéis translúcidos finos, provavelmente falsos. A dificuldade em determinar a periodicidade de formação das bandas na macroestrutura dos otólitos de espécies da família Phycidae em termos de idades já foi registrada para *U. chuss* (Dery, 1988), *U. tenuis* (Clay & Clay, 1991), e *U. cirrata* (Martins & Haimovici, 2000).

A incerteza sobre as determinações de idades da abrótea *Urophycis brasiliensis* constitui um entrave para o estudo de seu ciclo de vida e eventualmente da avaliação do seu estado de exploração. Este trabalho teve como objetivos determinar o ciclo anual reprodutivo, o tamanho de primeira maturação sexual e estudar o crescimento através da análise da macro e microestrutura dos otólitos de *Urophycis brasiliensis* no sul do Brasil. Constatou-se que ocorrem bandas opacas e translúcidas na macroestrutura dos otólitos, mas a semelhança dos estudos anteriores, não foi possível validar a periodicidade anual na formação das bandas. Já a microestrutura apresentou um padrão de alternância de bandas semelhante aos microincrementos diários observados para outras espécies de gadiformes. Diante desta limitação, analisamos a possibilidade de ajustar o crescimento de *Urophycis brasiliensis* ao modelo de von Bertalanffy a partir das leituras de anéis diários no primeiro ano de vida e de um valor de comprimento assintótico (CT_{∞}) estimado a partir de amostragens de comprimentos e do comprimento de primeira maturação sexual (CT_{50}). A consistência deste enfoque foi testada com dados de duas espécies da região (*Micropogonias furnieri* e *Macrodon atricauda*) para as quais se contam com determinações de idades validadas de anéis diários em otólitos de juvenis e de *annuli* em adultos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados

Espécimes de *U. brasiliensis* ($n = 627$), entre 133 e 600 mm de comprimento total (CT) foram coletados de desembarques em Rio Grande da pesca comercial de arrasto e emalhe de fundo no extremo sul do Brasil (30° S e 34° S) em profundidades que variaram entre 15 e 130 m, entre junho de 2012 e julho de 2013. Juvenis ($n = 52$), entre 46 e 231 mm, foram coletados em um cruzeiro científico do Navio Oc. Atlântico Sul em janeiro 2013 (10 m de profundidade, latitude 31° S). Para cada espécime foram obtidos previamente o comprimento total (CT , mm), peso total (PT , g), o sexo e foram retirados otólitos *sagitta* para leitura etária.

Para calcular o comprimento de primeira maturação sexual (CT_{50}) e os parâmetros de crescimento de von Bertalanffy, t_0 e k , suas médias e intervalos de credibilidade (ICr) de 95%, utilizou-se a abordagem bayesiana que, através do cálculo das distribuições posteriores das probabilidades dos parâmetros estimados, possibilita a comparação visual das análises de significância estatística (Gelman *et al.*, 2003). As análises estatísticas foram desenvolvidas no software livre R (R Core Team, 2013). O processo estocástico Monte Carlo Markov Chain (MCMC) foi operado com OpenBUGS, usando as bibliotecas R2WinBUGS (Sturtz *et al.*, 2005) e BRugs (Thomas *et al.*, 2006).

Reprodução

Foram examinadas as gônadas de 384 fêmeas, entre 133 e 582 mm de CT e 123 machos entre 151 e 379 mm de CT , representando todos os meses do ano a exceção de setembro e dezembro.

Para o estudo do ciclo anual reprodutivo, a caracterização macroscópica dos ovários foi realizada com base numa escala de sete estágios: (I = virginal, II = início de

maturação, III = maturação, IV = maturação avançada, V = desovando, VI = em recuperação, VII = desovado), adequada para desovantes múltiplos (Haimovici & Cousin, 1989; West, 1990). Adicionalmente, ovócitos de cada ovário foram examinados em lupa registrando-se seus diâmetros e características (presença de vitelo, hidratação) como indicadores dos estágios de maturação.

O número total (n_i) e o número de espécimes maduros (y_i) por faixas de comprimento de 10 mm de intervalo foram calculados para machos e fêmeas, separadamente. Se θ_i é a probabilidade de um indivíduo da i -enésima idade ou i -enésima classe de comprimentos ser maduro, assume-se que y_i siga uma distribuição binomial $Bin(n_i, \theta_i)$. Os dados foram ajustados seguindo o modelo logístico, definido por uma função de ligação *logit* que transforma o parâmetro θ_i , restrito ao intervalo [0,1] na distribuição binomial, com m definido entre $(-\infty, +\infty)$ (Kinas & Andrade, 2010). O modelo logístico foi definido como:

$$m_i = g(\theta_i) = \log\left(\frac{\theta_i}{1 - \theta_i}\right)$$

$$m_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_i$$

A partir deste modelo, O CT_{50} é definido por:

$$CT_{50} = \frac{-\beta_0}{\beta_1}$$

A distribuição posterior $p(\beta_0, \beta_1 | D)$, aonde $D = \{(y_i, n_i, x_i)\}; i = 1, \dots, k\}$ foi obtida via MCMC. Uma distribuição normal com média 0 e uma alta variância $N(0, 1000)$ foi utilizada como distribuição a priori. Após 50000 rodadas, cada terceiro valor dos restantes 9000 foram retidos, resultando numa amostra final com 3000 na distribuição posterior $p(\beta_0, \beta_1 | D)$.

O índice gonadosomático (*IGS*) foi calculado como:

$$IGS (\%) = \left(\frac{\text{peso do ovário (g)}}{\text{peso total do corpo (g)}} \right) \times 100$$

A análise de variância (ANOVA) de um fator foi utilizada para testar diferenças dos valores de *IGS* mensais, com prévia verificação da homocedasticidade e normalidade.

Idade e crescimento

Um total de 441 espécimes medindo entre 133 e 600 mm *CT* tiveram seus otólitos seccionados para estimação das idades através da contagem de bandas opacas e translúcidas alternadas.

Para a visualização de bandas translúcidas e opacas nos otólitos (macroestrutura) foram preparadas secções transversais de 0,2 a 0,3 mm de espessura, na altura do núcleo, com uma serra metalográfica de baixa velocidade e um disco de pó de diamante (Isomet Buehler Ltd). As secções foram montadas em lâminas histológicas com o auxílio de meio sintético de secagem rápida (Entellan @Merck) e cobertos por lamínulas.

As secções de otólitos foram fotografadas utilizando uma câmera digital sobre um fundo escuro, com magnificação de 10 x em um microscópio estereoscópico e uma resolução das imagens de 2048 x 1536 pixels. Foram contadas as bandas translúcidas e opacas alternadas ao longo do eixo ventral do otólito (Fig. 2). A identificação, contagem e medição das bandas opacas foram realizadas com o programa livre ImageJ 1.47 (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA, <http://imagej.nih.gov/ij>).

Adicionalmente, otólitos de 52 exemplares medindo de 46 a 231 mm *CT* foram utilizados para a determinação de anéis diários (microestrutura) a partir de secções transversais de 0,15 a 0,2 mm de espessura. As secções foram submetidas ao lixamento e

polimento manual progressivo por 9 lixas d'água de granulometria decrescente de 1500 a 12000 (Silicom Carbide Paper - MICROMESH MMR). Posteriormente as secções foram polidas com alumina (0.05 micron), lavadas e montadas em lâminas histológicas com resina sintética (Entellan @Merck). Secções de otólitos com a região do núcleo muito opaca foram imersas em HCl 2% em volume por até 60 segundos. As secções foram examinadas sobre luz transmitida em microscópio óptico (Olympus CX41) com magnificação de 400 x, apropriada para o exame de otólitos de rápido crescimento com microincrementos de largura inferiores a 1-2µm (Campana, 1992). As leituras ocorreram entre o foco e a borda externa dos otólitos ao longo do eixo ventral do otólito (Fig. 2), em concordância com o eixo escolhido para a leitura nos espécimes adultos.

As secções dos otólitos (macro e microestrutura) foram examinadas independentemente por dois leitores com um intervalo de várias semanas sem o conhecimento prévio do comprimento, sexo, ou data de captura do peixe. Nos casos em que houve discrepância entre as contagens das bandas opacas na macroestrutura, foi realizada uma terceira leitura. Permanecendo a discordância, os otólitos foram considerados ilegíveis e desconsiderados das análises posteriores. No caso dos anéis diários, a última leitura foi a considerada.

Foi calculado o coeficiente de variação médio (CV) para avaliar a precisão entre as contagens de bandas opacas ou anéis diários entre leitores (Campana & Jones, 1992);

$$CV_j = 100\% * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{N - 1}}}{X_j}$$

onde N representa o número de leituras para cada, X_{ij} é a i-ésima leitura etária para o j-ésimo peixe, e X_j é a média de leituras para o j-ésimo peixe (Chang, 1982).

Para o retrocálculo dos comprimentos à formação de cada banda nas secções dos

otólitos, foram medidas ao longo do eixo ventral as distância entre o núcleo e o final de cada banda opaca (R_n) e até a borda do otólito (RT), (Fig. 2) e calculados os incrementos médios (IM) (Campana, 2001) como:

$$IM = RT - R_n / R_n - (R_n - 1),$$

Para analisar a periodicidade na formação das bandas de crescimento foram calculadas as frequências mensais dos tipos de bordas (opacas ou translúcidas) e os incrementos marginais (IM) médios mensais. A análise de variância (ANOVA) de um fator foi utilizado para testar diferenças dos valores de IM mensais, com prévia verificação da homocedasticidade e normalidade. A relação entre o raio do otólitos ao longo do eixo ventral (RT) e o comprimento total do peixe (CT) foram calculadas separadamente por sexo, e para os juvenis

O modelo de von Bertalanffy (1938) foi utilizado para descrever o crescimento:

$$CT_t = CT_{\infty} (1 - \exp^{-K(t - t_0)}),$$

onde CT_t é o comprimento total do peixe na idade t ; CT_{∞} é o comprimento assintótico ou comprimento máximo; k é o coeficiente de crescimento, que representa a velocidade com a qual o comprimento do peixe se aproxima do comprimento assintótico e t_0 é a idade teórica na qual o peixe teria um comprimento nulo.

O crescimento dos juvenis foi também descrito pelo modelo de Laird-Gompertz (Gompertz 1825, Laird et al. 1965):

$$CT_t = CT_{\infty} \exp[-k \exp(-GX)],$$

onde CT_t é o comprimento total do peixe; CT_{∞} é o comprimento assintótico; k é um parâmetro adimensional, G representa a taxa de instantânea de crescimento, X é o número de anéis diários. Este modelo foi utilizado apenas para comparação da taxa de crescimento dos juvenis da abrótea *U. brasiliensis* com dados disponíveis na literatura.

Para testar a hipótese de congruência da estimação da equação de crescimento de

von Bertalanffy a partir das determinações de idades dos juvenis (microestrutura) e de adultos (macroestrutura), foram utilizados dados publicados de pescadinha *Macrodon atricauda* (Cardoso & Haimovici, 2011) e de corvina *Micropogonias furnieri* (Haimovici & Ignácio, 2005). As estimativas das distribuições posteriores dos parâmetros k para ambos os sexos, de ambas espécies, utilizou leituras de *annuli* e de anéis diários, separadamente. Posteriormente, os k de cada sexo e espécie, calculados com as diferentes fontes de dados, foram comparados.

Para a pescadinha, *Macrodon atricauda*, Cardoso e Haimovici (2011) contaram até 7 bandas opacas (*annuli*) em cortes finos de 1656 exemplares entre 148 e 456 mm *CT* e validaram a periodicidade anual na sua formação através da variação anual das percentagens dos tipos de borda e dos incrementos marginais para cada uma das idades. Almeida (2010) observou entre 127 e 371 microincrementos em cortes finos de otólitos em 26 juvenis de *M. atricauda* de 45 a 200 mm de *CT*. A periodicidade de formação diária dos anéis foi validada indiretamente através da comparação dos comprimentos retrocalculados ao primeiro aniversário nos adultos com os comprimentos dos juvenis entre 250 a 350 microincrementos (anéis diários) e também pela coincidência das datas de nascimento retrocalculadas com o período reprodutivo da espécie. Para a corvina, *Micropogonias furnieri*, espécie de maior porte com longevidade de até cerca de 35 anos de vida, a periodicidade anual na formação de bandas opacas nos otólitos de espécimes adultos foi validada através da proporção mensal de tipos de bordas por Cotrina & Lasta (1986), Schwingel & Castello (1990), e Haimovici & Unpierre (1996). Já para os juvenis, Cavole (2011) contou entre 51 e 678 microincrementos em cortes finos de 130 exemplares medindo entre 35 e 285 mm *CT*. A periodicidade diária na formação dos microincrementos foi validada diretamente mediante um experimento de marcação com oxitetraciclina durante 60 dias.

As distribuições posteriores dos parâmetros t_0 , k e seus intervalos de credibilidade foram calculados para valores fixos de CT_∞ . A escolha do CT_∞ baseou-se nas composições de comprimentos nos desembarques comerciais de artes pouco seletivas em relação aos tamanhos máximos (i.e., arrasto), nas proporções de sexos por categorias de tamanhos e nos comprimentos de primeira maturação sexual CT_{50} . O CT_∞ foi o tamanho correspondente ao limite superior da classe de tamanhos que contém entre 95 e 99% da proporção dos indivíduos maduros para cada sexo e para cada espécie (pecadinha, corvina e abrótea).

O modelo de von Bertalanffy foi ajustado através de inferência Bayesiana (Kinas & Andrade, 2010) para os dados de microestrutura (anéis diários) e de macroestrutura (*annuli* ou bandas opacas). Para descrever o modelo, primeiramente assumimos que os dados de idades (corvina e pescadinha) ou bandas opacas (abrótea) em relação ao comprimento seguem uma distribuição log-normal $y_i = \log N(\mu_i, \sigma^2)$, aonde y_i é a distribuição dos comprimentos com um comprimento médio esperado na classe de idade (ou bandas) i com variância σ^2 . Uma versão logarítmica da equação de von Bertalanffy foi utilizada por conveniência computacional:

$$\mu_i = \log(CT_\infty) + \log(1 - k^{(i-t_0)})$$

Prioris não informativas foram construídas, restritas para números positivos e com intervalos amplos definidos:

$$p(\log k) \sim dN(0, 0.001) I(-5, 5)$$

$$p(t_0) \sim dU(-3, 0)$$

$$p(\sigma) \sim dU(0, 5)$$

A distribuição posterior do parâmetro k foi obtida via MCMC após 31000 simulações. Os primeiros 10000 valores foram rejeitados para eliminar autocorrelação, e cada segundo valor dos subsequentes 20000 foram retidos.

As idades de primeira maturação sexual foram estimadas através do intervalo de credibilidade (95 %) dos valores obtidos do comprimento de primeira maturação sexual para a abrótea para ambos os sexos.

Para avaliar a sensibilidade na estimação do parâmetro k da equação de von Bertalanffy aos possíveis erros na contagem de anéis diários, foram repetidos os cálculos para cada espécime considerando-se o número de microincrementos 10, 30 e 50% inferiores à 10, 30 e 50% superiores aos observados. Considerando-se que os valores de CT_{∞} também foram determinados, de certa maneira, de forma arbitrária, testamos a sensibilidade dos valores estimados para o parâmetro k aos valores de 5% e 10% inferiores à 5% e 10% superiores aos valores de CT_{∞} determinados.

O teste phi-prime (Φ') foi utilizado para avaliar a confiabilidade dos parâmetros de crescimento estimados do modelo de von Bertalanffy (k e CT_{∞}) com os parâmetros disponíveis na literatura para espécies congêneres, seguindo a equação (Munro & Pauly, 1983):

$$\Phi' = \log K + 2 \log CT_{\infty}$$

3. RESULTADOS

Reprodução

Os ovários de fêmeas de *U. brasiliensis* consideradas imaturas ou em início de maturação (estágios I e II) apresentaram túnica fina e pouco irrigada e diâmetro de

ovócitos inferiores a 0,15 mm, sem sinais de vitelogênese. Já nos ovários dos estágios III a VI, a túnica dos ovários é irrigada por vasos sanguíneos evidentes e apresentam ovócitos pequenos sem sinal de vitelogênese menores de 0,1 mm e ovócitos em vitelogênese de até 0,6 mm de diâmetro (Fig. 3). Ovários pós-desovados em recuperação (Estágio VII) são flácidos, hemorrágicos, apresentam a túnica engrossada e não se observa a presença de ovócitos em maturação. A presença simultânea de ovócitos de diferentes diâmetros e estágios de vitelogênese caracterizam a abrótea como desovante múltipla.

Foram observadas fêmeas maduras em todos os meses amostrados (Fig. 4). Quando apenas fêmeas maiores de 360 mm ($n = 250$) foram consideradas, foi observado que os exemplares em estágios de maturação avançada predominaram em todos os meses, à exceção de março. Em relação aos machos maiores de 270 mm ($n = 91$), exemplares maturos predominaram em todos os meses amostrados, a exceção de julho e novembro (Fig. 4).

Os *IGS* mensais médios das fêmeas foram muito variáveis; valores médios inferiores a 1,0 foram registrados em janeiro, março, abril, junho e julho e maiores em fevereiro, maio, agosto, outubro e novembro (Fig. 4). Os *IGS* mensais médios não diferiram significativamente entre meses (ANOVA: $F=1,84$, $P = 0.067$). Estes resultados indicam que, no extremo sul do Brasil, a espécie se reproduz o ano todo sem apresentar uma sazonalidade definida.

As ogivas de maturação sexual foram estimadas com dados obtidos ao longo de todo o ano, uma vez que não se observou sazonalidade da reprodução. O comprimento médio de primeira maturação (CT_{50}) das fêmeas foi estimado em 402,8 mm com um intervalo de credibilidade de 392,4 a 412,5 mm, e o dos machos em 296,8 mm com um intervalo de credibilidade de 275,4 a 318,1 mm (Fig.5).

Análise da macroestrutura dos otólitos – Adultos

Foram examinadas as seções dos otólitos de 104 machos medindo entre 231 e 379 mm e 279 fêmeas de 227 a 600 mm CT (Tabela 1, 2). As seções finas dos otólitos *sagitta* de *Urophycis brasiliensis* apresentavam a região central correspondente ao núcleo opaca, frequentemente interrompida por anéis translúcidos finos e bem marcados. A maior fêmea possuía 600 mm CT e doze bandas (Tabela 2). O maior macho possui 379 mm CT e sete bandas (Tabela 1).

Bordas translúcidas e opacas foram observadas nas seções dos otólitos em todos os meses a exceção de agosto, em que 100% das bordas foram opacas (Fig. 6). A proporção mensal de exemplares com bordas opacas foi de 73 % a 100% nos meses de junho a outubro enquanto que de novembro a maio variou entre 16% a 45%. Uma ANOVA mostrou heterogeneidade ao longo do ano ($F=24,10$, $P < 0.005$).

A média mensal dos incrementos marginais foi baixa entre novembro e março e aumentou gradativamente até atingir as máximas entre junho e agosto (Fig. 7). Os IM diferiram significativamente entre meses (ANOVA: $F=6,39$, $P < 0.005$). O teste de Tuckey mostrou que, embora houvessem diferenças significativas entre meses, estas não apresentaram um padrão sazonal definido.

O CV entre as leituras sucessivas do mesmo autor foi de 13,8 % e entre leitores foi de 15,5%. Esses valores foram relativamente altos, considerando-se uma revisão extensiva da média da classe modal deste valor (5%) encontrado em 117 publicações (Campana, 2001), e evidenciaram dificuldades para reproduzir as leituras em otólitos de *Urophycis brasiliensis*.

Relação peso-comprimento

Um teste de ANCOVA para a relação entre os logaritmos dos pesos e os comprimentos totais não mostrou diferenças entre sexos ($F = 0,02$, $P = 0,9025$). A relação peso total (PT , g) e comprimento total (CT , mm) para ambos sexos agrupados foi (Fig. 8):

$$PT = 5,87 * 10^{-6} CT^{3,06} (r = 0,983, n = 446)$$

Relação comprimento total – raio total do otólito

O raio total dos otólitos (RT , mm) foram medidos ao longo do eixo ventral nas secções dos otólitos (Fig. 2). A relação entre o comprimento total do peixe (CT , mm) e o raio total (RT , mm) foi ajustada ao modelo potencial ($r^2 = 0.93$, $n=418$), e incluiu os dados dos espécimes juvenis (Fig. 9). As relações entre RT e CT foram significativamente diferentes entre machos e fêmeas (ANCOVA: $F = 24,67$, $P < 0.005$);

$$\text{Sexos agrupados: } CT = 138,59 RT^{1,2522} (r = 0,936, n = 418)$$

$$\text{Machos: } CT = 135,23 RT^{1,2301} (r = 0,950, n = 136)$$

$$\text{Fêmeas: } CT = 138,18 RT^{1,2703} (r = 0,954, n = 314)$$

Retrocálculo

Os comprimentos totais (CT , mm) ao final de cada banda opaca nos otólitos (CT_n , mm) foram retrocalculados a partir das medidas das distâncias entre o foco e o final das bandas opacas (R_n) medidos ao longo do eixo ventral dos cortes dos otólitos e dos comprimentos totais, segundo as equações:

$$\text{Sexos agrupados: } CT_n = CT * R_n^{1,2522} / R_t^{1,2522}$$

Machos: $CTn = CT * Rn^{1,2301} / Rt^{1,2301}$

Fêmeas: $CTn = CT * Rn^{1,2703} / Rt^{1,2703}$

Os comprimentos médios retrocalculados das fêmeas variaram entre 156 mm na banda 1 e 574 mm na banda 12 e dos machos entre 150 mm na banda 1 e 338 mm na banda 7 (Tabela 3).

Análise da microestrutura dos otólitos – determinação etária dos juvenis

A determinação etária dos espécimes juvenis baseou-se na visualização de microincrementos em seções de otólitos de 52 espécimes medindo entre 46 e 231 mm *CT*. Os microincrementos foram nítidos e possuíam um padrão concêntrico consistente observáveis em uma sequência completa de microincrementos (Fig. 10).

Foram observados entre 50 e 285 microincrementos em exemplares de 45 e 210 mm, respectivamente (Fig. 11). O coeficiente de variação (*CV*) médio entre dois leitores foi de 5,25%. O exame detalhado das secções dos otólitos mostrou feições recorrentes; a região central é mais embaçada e apresenta microincrementos escuros, com espessuras decrescentes, seguidos de microincrementos de espessura e espaçamento irregulares totalizando entre 36 e 65 microincrementos. Esta zona central aparece delimitada por uma banda translúcida denominada de *check demersal* observada em mais de 95% dos cortes dos otólitos, tanto nos juvenis como de adultos (Fig. 12). Através do retrocálculo se estimou que em média, esta banda se formou quando as abróteas mediram 47 mm *CT*, sem diferenças significativas entre sexos ($F = 0,084$, $P = 0,77$), ou entre comprimentos totais ($F = 0,957$, $P = 0,54$). Após o *check demersal*, os microincrementos são regulares com variações ocasionais em sua espessura; os microincrementos mais estreitos situam-se na borda do otólito (Fig. 10).

Assumindo-se que os microincrementos se formaram com uma periodicidade diária, as datas de nascimentos retrocalculadas se distribuiriam ao longo de todo o ano (Fig. 13), condizente com a observação de fêmeas em maturação avançada e desova ao longo de todo o ano.

Para a descrição do crescimento dos juvenis, os dados de idade-comprimento foram também ajustados ao modelo de Laird-Gompertz (Fig.11):

$$CT \text{ mm} = 235 e^{-3,26 e^{-0,014 X}}, \quad (r = 0,90, n = 52)$$

Segundo este modelo, a taxa média de crescimento diário foi de 0,85 mm entre os 50 e 285 dias de vida, sugerindo um crescimento aproximadamente linear e extremamente rápido dos juvenis.

Inferência bayesiana de parâmetros de crescimento da equação de von Bertalanffy

Os valores de CT_{∞} de 380 mm para machos e de 580 mm para fêmeas de *Urophycis brasilienses* foram inferidos a partir das composições de comprimentos nos desembarques, considerando como maduros os machos das classes de comprimento maiores de 270 mm CT , e as fêmeas maiores de 410 mm CT (Fig.14). As equações correspondentes de fêmeas e machos adultos a partir da macroestrutura (bandas opacas) foram (Tabela 4; Fig. 15):

$$\text{Fêmeas} \quad CTt = 580 (1 - \exp^{-0,18(t+0,44)})$$

$$\text{Machos} \quad CTt = 380 (1 - \exp^{-0,24(t+1,94)})$$

As equações calculadas a partir da microestrutura (anéis considerados diários) para fêmeas e machos foram (Tabela 4; Fig. 15):

$$\text{Fêmeas} \quad CTt = 580 (1 - \exp^{-0,71(t+0,01)})$$

$$\text{Machos} \quad CTt = 380 (1 - \exp^{-1,19(t+0,01)})$$

Os valores de k estimados para os machos a partir das contagens dos anéis considerados diários nos juvenis foram quase cinco vezes maiores que os calculados a partir das bandas opacas nos adultos, e o das fêmeas quase quatro vezes maiores (Tabela 4) sem superposição dos intervalos de credibilidade (Fig 16).

Os valores de t_0 ajustados aos dados da microestrutura foram mais próximos de zero. As curvas obtidas a partir da microestrutura (Fig. 15) evidenciam um crescimento inicialmente rápido; a idade de primeira maturação sexual calculada a partir dos intervalos de credibilidade foram entre 1,1 e 1,5 anos para os machos, e entre 1,6 e 1,8 anos para as fêmeas, e 95% do CT_{∞} seria atingido com 2,5 anos pelos machos e 4,2 anos pelas fêmeas. Já, segundo a curva de crescimento ajustada aos dados da macroestrutura (bandas opacas), a primeira maturação seria atingida com 4,5 anos pelos machos e 6,0 anos pelas fêmeas e 95% do CT_{∞} seria atingido com 10,6 anos pelos machos e 16,3 anos pelas fêmeas.

Para a *Macrodon atricauda* (Cardoso & Haimovici, 2011) foram considerados maduros os machos e fêmeas das classes de comprimento superiores a 200 mm CT e 250 mm CT , respectivamente. Os valores de CT_{∞} correspondentes foram de 360 mm para machos e de 430 mm para as fêmeas (Fig. 14) e as curvas de crescimento estimadas a partir da macroestrutura (*annuli*) foram (Tabela 4; Fig. 15):

$$\text{Fêmeas} \quad CTt = 430 (1 - \exp^{-0,53(t+0,05)})$$

$$\text{Machos} \quad CTt = 360 (1 - \exp^{-0,63(t+0,05)})$$

E, a partir da microestrutura (anéis diários) foram (Tabela 4; Fig. 15):

$$\text{Fêmeas} \quad CTt = 430 (1 - \exp^{-0,47(t+0,02)})$$

$$\text{Machos} \quad CTt = 360 (1 - \exp^{-0,58(t+0,02)})$$

As diferenças do parâmetro k estimados foram de 11 % para as fêmeas e de 8 % para os machos e houve parcial superposição dos intervalos de credibilidade (Fig. 16).

Para *Micropogonias furnieri* (Haimovici & Ignácio, 2005) foram considerados maturos os machos e fêmeas das classes de comprimento superiores a 300 mm CT e 350 mm CT , respectivamente. Os valores de CT_{∞} correspondentes foram de 650 mm para machos e de 700 mm para as fêmeas (Fig. 14) e as curvas de crescimento estimadas a partir da macroestrutura (*annuli*) foram (Tabela 4; Fig. 15):

$$\text{Fêmeas} \quad CTt = 700 (1 - \exp^{-0,27(t+0,03)})$$

$$\text{Machos} \quad CTt = 650 (1 - \exp^{-0,31(t+0,09)})$$

E a partir da microestrutura (anéis diários) foram (Tabela 4; Fig. 15):

$$\text{Fêmeas} \quad CTt = 700 (1 - \exp^{-0,29(t+0,08)})$$

$$\text{Machos} \quad CTt = 650 (1 - \exp^{-0,32(t+0,07)})$$

As diferenças do parâmetro k estimados foram as menores observadas dentre as três espécies; de 8 % para as fêmeas e de 6 % para os machos e houve total superposição dos intervalos de credibilidade (Fig. 16).

A análise de sensibilidade mostrou que as subestimações nas contagens do número de anéis diários levam a erros maiores na estimativa de k do que a sobrestimação. Mostrou também para as três espécies que os intervalos de credibilidade de k estimados com erros inferiores a 10% se superpõem parcialmente com os considerados sem erros (Fig. 16). Portanto o método proposto requer a identificação bastante precisa do número de microincrementos.

O teste de sensibilidade aos possíveis erros associados a escolha do CT_{∞} evidenciou que os erros de até 5% superiores ou inferiores ao valor de CT_{∞} escolhidos neste estudo para as três espécies não resultariam em alterações significativas, já que os

intervalos de credibilidade de k se superpõem, o que não ocorre para erros maiores (Fig. 17).

Os valores do teste ϕ' calculados para *Urophycis brasiliensis* a partir do comprimento assintótico CT_{∞} e do valor de k obtidos pelo modelo de crescimento baseado na macroestrutura dos otólitos (bandas opacas) foram de 2,54 para machos e 2,81 para fêmeas e baseado na microestrutura dos otólitos (microincrementos) foram de 3,25 para machos e 3,4 para fêmeas (Tabela 6).

4. DISCUSSÃO

A presença de fêmeas maduras foi observada em amostras provenientes de todas as épocas do ano. Fêmeas maduras maiores de 40 cm de *U. brasiliensis* já tinham sido observadas em levantamentos sazonais entre 1981 e 1983 (Haimovici *et al.*, 1996) e em desembarques comerciais de todas as épocas do ano e faixas de profundidades na plataforma continental do sul do Brasil (dados não publicados, Laboratório de Recursos Demersais e Cefalópodes, IO - FURG). A falta de uma sazonalidade na reprodução também está em concordância com o estudo de Acuña *et al.* (2000), que observou que fêmeas maduras de *U. brasiliensis* ocorreram entre junho e maio na região sob influência do estuário do Rio da Prata e no litoral uruguaio adjacente. Tais evidências sugerem que a abrótea desova ao longo de todo o ano na região.

O ciclo reprodutivo difere do da espécie congênere *U. mystacea* de águas mais profundas e frias, cuja reprodução ocorre principalmente entre fins de verão e outono com o pico em abril e maio, em que mais de 60% das fêmeas adultas estavam em estágio de maturação (Haimovici *et al.*, 2006). A falta de sazonalidade na reprodução não é típica de peixes marinhos de regiões subtropicais frias, como o sul do Brasil, onde a maioria das

espécies de teleósteos de interesse comercial são desovantes múltiplas com o período de desova concentrado ao longo de vários meses entre a primavera e o outono, como em *Umbrina canosai* (Haimovici & Cousin, 1989), *Micropogonias furnieri* (Haimovici & Ignácio, 2006), *Trichiurus lepturus* (Martins & Haimovici, 1997), *Macrodon atricauda* (Cardoso & Haimovici, 2014), e em *Paralichthys patagonicus* e *P. orbignyanus* (Carneiro 1995; Silveira *et al.*, 1995)

Os comprimentos médios de primeira maturação de machos e fêmeas de 296 e 402 mm corresponderam a 77% e 67% dos comprimentos máximos observados de 380 e 600 mm, respectivamente. Estas percentagens se encontram dentro da amplitude observada para teleósteos marinhos, de 65 a 80% (Beverton & Holt, 1959; Beverton, 1963). A relação CT_{50}/CT_{∞} das fêmeas também é próxima da invariante $CT_{50}/CT_{\infty} = 0,66$ proposta por Jensen (1997), obtida pela otimização da idade de primeira maturação pela função de fecundidade em Roff (1992).

O estudo da microestrutura do otólito foi útil para a interpretação da história de vida dos juvenis. Uma banda translúcida bem definida formada nos otólitos quando o comprimento dos juvenis atingiu em média 47 mm e o número de microincrementos de 36 a 65 foi associada a passagem da fase pelágica para o recrutamento ao meio demersal, denominada na literatura como marca de assentamento ou *check demersal* (Lang *et al.*, 1996; Arneri & Morales-Nin, 2000; Casas & Piñeiro, 2000). Coincidentemente, o menor espécime de abrótea examinado mediu 46 mm e apresentou 50 microincrementos e uma zona translúcida bem definida em formação na margem do otólito (Fig. 12). Esta banda de assentamento foi também registrada para outras espécies do gênero como em *Urophycis tenuis*, entre 70 e 104 mm de CT e 59 a 73 dias (Lang *et al.*, 1996) que atinge um comprimento máximo de 1360 mm (Clay & Clay, 1991) e em *Urophycis chuss* entre

35 e 40 mm (Able & Fahay, 1998) com até 630 mm de comprimento máximo (Derry, 1988).

O crescimento dos juvenis inferido através da leitura de microincrementos se mostrou bastante consistente, embora a periodicidade diária não tenha sido validada experimentalmente. A reprodutibilidade entre leituras sucessivas foi elevada e o coeficiente de variação estimado foi considerado aceitável (5,25%). O padrão dos microincrementos observados foi também muito semelhante ao de outros gadiformes (Steffensen, 1980; Neat, 2008).

A taxa média de crescimento estimada para os juvenis de *U. brasiliensis* de 0,85 mm/dia entre os 46 e 231 mm foi inferior a taxa de 0,99 mm/dia estimados para os juvenis de *Urophycis tenuis* entre 40 e 190 mm na costa de New England (Lang *et al.*, 1996). Como *U. tenuis* atinge maiores tamanhos, diferenças maiores em relação à *U. brasiliensis* eram previstas, o que pode sugerir uma subestimação no número de microincrementos na última. De fato, a região central do otólito apresenta microincrementos de difícil discriminação, aonde o número de microincrementos pode ter sido subestimado. No entanto, estas taxas encontram-se dentro da amplitude observada para outros gadiformes, como em algumas espécies de merluzas (e.g. 0,73-1,11 mm/dia para a merluza do Pacífico, *Merluccius productus* (Woodbury *et al.*, 1995), mas são mais elevadas do que as merluzas do mar Adriático, com taxas de 0,50 mm/dia (Arneri & Morales-Nin, 2000).

As estimações de idades em otólitos das abróteas maiores se mostrou mais problemática. A análise do tipo de borda apresentou maior proporção de bandas opacas no inverno e início da primavera (agosto, setembro e outubro), o que sugeriria uma periodicidade anual na formação de bandas opacas e translúcidas. No entanto, existem várias evidências em contrário que, em conjunto, levam a rechaçar essa hipótese:

- 1) A análise do *IM* não apresentou um padrão sazonal consistente com a análise do tipo de bordas já que não houveram diferenças significativas entre os meses de agosto a outubro com os demais meses (Fig. 7).
- 2) O coeficiente de variação entre leituras de 15,5% foi mais que o triplo do valor considerado como ponto de referência de 5% para espécies com moderada longevidade e leitura complexa (Campana, 2001), indicando a dificuldade em estabelecer um padrão consistente de leituras.
- 3) Sobre as secções dos otólitos, após o *check demersal*, foram observadas com frequência várias bandas opacas mais finas próximas ao núcleo do que próximo a borda (Fig. 12). Por exemplo, espécimes de até 231 mm de comprimento total e 285 microincrementos apresentaram até 5 bandas opacas nas secções dos otólitos (Fig. 12).
- 4) O número de bandas opacas observado nos otólitos foi excessivo para corresponder a *annuli*, uma vez que as fêmeas atingiriam o comprimento de primeira maturação sexual de 402 mm com, em média, 6 bandas opacas e os machos com 296 mm, com 4 bandas opacas. Duas espécies da família Physidae de regiões temperadas tiveram as idades de primeira maturação sexual estimadas entre e 1,4 e 1,8 ano: *Urophycis tenuis* (Clay & Clay 1991; O'Brien, 1993) e *Urophycis chuss* (Markle *et al.*, 1982; Dery *et al.*, 1988; O'Brian, 1993) (Tabela 5).

Gadiformes, como a abrótea, apresentam otólitos de difícil interpretação (Dery, 1988, Clay & Clay, 1991; Morales Nin, 1998). Estudos recentes de marcação e recaptura nesta família mostraram que métodos de estimação de idades através da contagem de bandas opacas e translúcidas alternadas, previamente consideradas anuais, podem estar superestimando as idades e subestimando o crescimento (Kacher & Amara, 2005; de Pontual *et al.*, 2006; Piñeiro *et al.*, 2007; 2008; Mellon-Durval *et al.*, 2010). Clay & Clay (1991), ao estudar *Urophycis tenuis* observaram *checks*, que levaram a uma

superestimação das idades. Os *checks* podem ser atribuídos a várias possíveis causas. Neat *et al.* (2008), relatou que altas temperaturas alteraram a taxa de acreção nos otólitos em *Gadus morhua*, induzindo a formação de zonas translúcidas falsas. É possível que os *checks* observados na abróteas sejam associados a deslocamentos entre faixas de profundidade com variações de temperaturas e/ou alterações de salinidade. Em Merlucciidae, bandas translúcidas nos otólitos foram relacionadas a reprodução (Morales-Nin, 1998; Rey *et al.*, 2012). A abrótea *U. brasiliensis* é uma espécie desovante múltipla com vários pulsos de desova ao longo do ano, e uma vez que a composição dos otólitos relaciona-se com o desenvolvimento das gônadas antes da desova (Simkiss, 1974; Kalish, 1991), é possível a formação de *checks* associados a eventos reprodutivos.

Frente a dificuldade para a determinação das idades e estudar o crescimento com base nas bandas observadas na macroestrutura dos otólitos, inferimos o padrão de crescimento da abrótea a partir da contagem dos anéis diários e do CT_{∞} . Esta inferência foi testada empiricamente a partir de determinações de idades em uma espécie de vida curta, como a pescadinha *Macrodon atricauda*, e uma de vida longa como a corvina, *Micropogonias furnieri*, que mostraram diferenças pequenas do parâmetro k e curvas próximas quando estimadas a partir de idades de juvenis e de adultos, separadamente (Fig. 15). Em contraste os valores de k e as curvas de crescimento da abrótea diferiram muito entre as calculadas a partir das idades de juvenis e dos adultos (Fig. 15;16, Tabela 4).

Hutchings (1993) inferiu que altas taxas de crescimento dos juvenis em relação aos adultos favorecem um maior esforço reprodutivo e idades de primeira maturação precoces. Sendo a taxa de crescimento dos juvenis de *U. brasiliensis* elevadas, cabe esperar que sua idade de primeira maturação seja baixa como a de outras espécies de *Urophycis* (O'Brien, 1993), como inferido da curva de crescimento baseada de microincrementos. O valor do teste ϕ' estimados a partir de microestrutura também foram

mais parecidos com os de outras espécies congêneres (Tabela 6). Por estas razões considera-se que frente a dificuldade de determinar as idades dos adultos de abrótea, o método proposto com base no crescimento dos juvenis fornece uma primeira aproximação razoável para compreender a trajetória de vida de *Urophycis brasiliensis* no sul do Brasil.

5. CONCLUSÕES

1. A primeira maturação dos machos é atingida com 77% do comprimento máximo e das fêmeas com 67% do comprimento máximo, em concordância com a amplitude dos valores encontrados para teleósteos marinhos.
2. A reprodução não apresenta sazonalidade definida, a espécie é desovante múltipla e apareceram fêmeas maduras durante todos os meses amostrados.
3. As secções dos otólitos apresentam bandas opacas e translúcidas que não podem ser consideradas *annuli*.
4. A microestrutura dos otólitos mostrou um padrão consistente com o de outras espécies de gadiformes e sugere uma periodicidade diária de formação dos microincrementos.
5. Curvas de crescimento para a abrótea estimadas a partir do número de microincrementos nos otólitos dos juvenis permitiram obter estimações dos parâmetros de von Bertalanffy, das idades de primeira maturação sexual e dos tamanhos por idades mais consistentes do que as derivadas de contagens de bandas opacas.

6. LITERATURA CITADA

- ABLE, K.W. AND M.P. FAHAY. 1998. The first year in the life of estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ. 342 p.
- ACUÑA, A, F. 2000. Reproducción, alimentación y crecimiento de *Urophycis brasiliensis* (Kaup 1858) (Pisces Phycidae) em la costa uruguaya. Tesis de Doctorado en Biología. Opción Zoología. Montevideo. 186 pp.
- ACUÑA, A, F. VIANA & E DANULAT. 2000. Reproductive cycle of female Brazilian codling, *Urophycis brasiliensis* (Kaup 1858), caught off the Uruguayan coast. *J. Appl. Ichthyol.*, 16: 48-55.
- ALMEIDA, M.S. 2011. Crescimento no primeiro ano de vida da pescadinha *Macrodon ancylodon* (Bloch & Schneider 1801) do extremo sul do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 25 pp.
- ANDRADE, HA, M DUARTE PEREIRA & JL ABREU-SILVA. 2004. Idade e crescimento da abrótea (*Urophycis brasiliensis*) capturada no sul do Brasil. *Notas Téc. FACIMAR*, 8: 107-117.
- ANDRADE, HA, SHB LUCATO & GS SOARES. 2005. *Urophycis brasiliensis* (Kaup, 1858) p. 167-173. In: Cergole, M. C.; Ávila-da-silva, A. O. & Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (eds.). Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração: Série Documentos Revizee- Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP. 176 p.

- ARNERI, E. & B. MORALES-NIN. 2000. Aspects of the early life history of European hake from the central Adriatic. *Journal of Fish Biology*, 56: 1368-1380.
- BEVERTON, R.J.H. 1963. Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Rapp. P. -V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 154: 44-67.
- BEVERTON, R.J.H & S.J. HOLT. 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature and the relation to growth and other physiological characteristics. *In Ciba Foundation colloquia in ageing. V. The lifespan of animals.* Churchill, London. 142 -177 pp.
- BROTHERS, E.B.; C.P. MATHEWS & R. LASKER. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fish Bull. U.S.* 74:1-8.
- BROTHERS, E.B., & MCFARLAND. 1981. Correlations between otolith microstructure, growth and life history transitions in newly recruited french grunts (*Haemulon flavolineatum* (Dermarest) (Haemoulidae). *Rapp. P.-V. Reún. Cons. Int. Explor. Mer* 178: 369-374.
- CAMPANA, SE. & JONES, C.M. 1992. Analysis of otolith microstructure data. *In*. D.K.Stevenson & S.E.Campana (Eds.) Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117:73-100.
- CAMPANA, SE. 1992. Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths, p. 59-71. *In*. D.K.Stevenson & S.E.Campana (ed.) Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117:59-71.
- CAMPANA, SE. 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.

- CAMPANA, SE. 2005. Otolith science entering the 21st century. *Marine and freshwater Research.*, 56, 485-495.
- CAVOLE, LM 2011. O crescimento dos juvenis de corvina *Micropogonias furnieri* (Dermarest 1823) entre diferentes ambientes do sul do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Oceanologia). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 35 p.
- CARDOSO, L.G AND HAIMOVICI, M. 2011. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in the southern Brazil. *Fisheries Research* 111 (3): 177-187.
- CARNEIRO, MH. 1995. Reprodução e alimentação dos linguados *Paralichthys patagonicus* e *P. orbignyanus* (Pleuronectiformes: Bothidae), no Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 80 p.
- CASAS, JM & PIÑEIRO C. 2000. Growth and age estimation of greater forbeard (*Phycis blennoides* Brunnich, 1768) in the north and orthwest of the Iberian Peninsula (ICES Division VIIIc and IXa). *Fisheries Research* 47, 19 -25.
- CEPERG. 2012. Desembarque de pescado no Rio Grande do Sul: 2011. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Centro de Pesquisa e Gestão dos Recursos Pesqueiros Lagunares e Estuarinos; Projeto Estatística Pesqueira. – Rio Grande: 40p.
- CHANG, W.Y.B. 1982. A statistical method for evaluating the reproducibility og age determination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39, 1208-1210.

- CHAVES, P. T. C. Desenvolvimento dos ovócitos em *Harengula clupeola*, *Urophycis brasiliensis*, *Eucinostomus argenteus*, *Isopisthus parvipinnis* e *Mentecirrhus americanus* (Teleostei). *Bol. Inst. Oceanogr. São Paulo* 37 (2), 81-93.
- CLAY, D & H CLAY. 1991. Determination of Age and Growth of White Hake (*Urophycis tenuis* Mitchell) from the Southern Gulf of St. Lawrence, Canada (including techniques for commercial sampling). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1828, 35 p.
- COTRINA, C.P. & LASTA, C. 1986. Estudio preliminar de la determinación de edad en la corvina (*Micropogonias furnieri*). *Publ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar.* Vol. 1 (2): 311-318.
- COUSSEAU, MB. 1993. Las espécies del Ordem Gadiformes del Atlántico Sudamericano comprendido entre 34° y 35° S y su relación con las de otras áreas. *Frente Marítimo* 13 A (1): 31-39.
- DE PONTUAL, H., GROISON, A. L., PIÑEIRO, C., AND BERTIGNAC, M. 2006. Evidence of underestimation of European hake growth in the Bay of Biscay, and its relationship with bias in the agreed method of age estimation. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1674-1681.
- DERY, LM. 1988. Red Hake, *Urophycis chuss*. In: Penttila, J. & L.M. Dery (eds.). Age Determination Methods for Northwest Atlantic Species. *NOAA Technical Report NMFS*, 72: 49-57.
- FIGUEIREDO, JL & N MENEZEZ. 1978. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*, Vol II: Teleostei (1): 44-45.

- GELMAN, A., CARLIN, J.B., STERN, H.S., RUBIN, D.B. 2003. Bayesian Data Analysis, Second Edition, Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science. Florida, USA
- GOLDSTEIN, H. E. 1986. Características morfológicas del sistema digestivo y hábitos alimentarios de la brotola (*Urophycis brasiliensis*) (Pisces, Gadidae). *Publ. Com. Tec. Mixta frente Marit. Argent-Urug.* **1**(2): 351-368.
- GOLDSTEIN, H. E. 1988. Estudios comparativos de los hábitos alimentarios y de los nichos tróficos de dos peces costeros- la brotola (*Urophycis brasiliensis*) y el mero (*Acanthistius brasilianus*). *Publ. Com. Tec. Mista Frente Marit. Argent-Urug.*, 4:89-98.
- GOMPERTZ, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Phil. Trans. R Soc. Lond.* 115: 515-585.
- GREEN, B.S., D.M. BRUCE, G. CARLOS & A.B. GAVIN. 2009. Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology, Reviews: *Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries* (11): 1-302.
- HAIMOVICI, M & JCB COUSIN. 1989. Reproductive biology of the castanha *Umbrina canosai* (Pisces, Scianidae) in Southern Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, Rio de Janeiro. 49:523-537.
- HAIMOVICI, M., SILVA MARTINS, A., LIMA DE FIQUEIREDO, J. & P CASTELLI VIEIRA. 1994. Demersal bony fish of the outer shelf and upper slope of the Southern Brazil Subtropical Convergence Ecosystem. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 108: 59-77.

- HAIMOVICI, M & R. G. UMPIERRE. 1996. Variaciones estacionales en la estructura poblacional y cambios de crecimiento de la corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) en el extremo sur de Brasil. *Atlântica* 18: 179-202.
- HAIMOVICI, M, A SILVA MARTINS, P CASTELLI VIEIRA. 1996. Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. *Rev. Bras. Biol.*, 56 (1): 27-50.
- HAIMOVICI, M. & IGNÁCIO, J. M. 2005. *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). In: Cergole, M. C.; Ávila-da-Silva, A. O.; Wongtschowski, C. L. D. B. R. Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. Série Documentos Revizee-Score Sul, IOUSP: 101-107p.
- HAIMOVICI, M, ÁVILA-DA-SILVA, A. O., FISHER, L. G. 2006. Diagnóstico pesqueiro de *Urophycis mystacea* (Ribeiro, 1903). In : Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B., Ávila-da-Silva, A.O.; Circule, M.C. (Eds). Análise das Principais Pescarias Comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica populacional das espécies em exploração – II. São Paulo: IOUSP/ Série Documentos REVIZEE: p : 86- 94.
- HAIMOVICI, M. WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. R.; BERNARDES, R. A.; FISCHER, L. G.; VOOREN, C. M.; SANTOS, R. A.; RODRIGUES, A. R.; SANTOS, S. 2008. Prospeção pesqueira de espécies demersais com rede de arrasto-de-fundo na região Sudeste-Sul do Brasil. Série Documentos REVIZEE - Score Sul, IO-USP, 183p.
- HUTCHINGS, JA. 1993. Adaptive life histories effected by age-specific survival and growth rate. *Ecology*, 74 (3); 673-684.

- JENSEN, A.L. 1997. Origin of the relation between K and Linf and synthesis of relations among life history parameters. *Can. J. Fis. Aquat. Sci.* 54: 987-989.
- KACHER, M., AND AMARA, R. 2005. Distribution and growth of 0-group European hake in the Bay of Biscay and Celtic Sea: a spatial and inter-annual analysis. *Fisheries Research*, 71: 373e378.
- KALISH, J. M. 1991. Determinants of otolith chemistry: seasonal variation in the composition of blood plasma, endolymph and otoliths of bearded rock cod *Pseudophycis barbatus*. *Marine Ecology Progress Series* **74**, 137–159.
- KINAS, P. G. AND ANDRADE, H. A. 2010. Introdução à Análise Bayesiana (com R). MaisQNada, Porto Alegre, 258 pp.
- KING, MG. 2007. Fisheries Biology, assessment, and management. *Fishing News Books*, Second edition. Blackwell Science Ltd, Oxford, England. 382.
- LANG, K.L., F.P. ALMEIDA, G.R. BOLZ AND M.P. FAHAY. 1996. The use of otolith microstructure in resolving issues of first year growth and spawning seasonality of white hake, *Urophycis tenuis*, in the Gulf of Maine-Georges Bank region. *Fish. Bull.* (U.S.) 94: 170-175.
- LAIRD, A. K., S.A. TYLER, & A.D. BARTON. 1965. Dynamics of normal growth. *Growth* 29: 233-248.
- MARKLE, D.F., DA. METHVEN & L.J. COATES-MARKLE. 1982. Aspects of spatial and temporal cooccurrence in the life history stages of the sibling hakes, *Urophycis chuss* (Walbaum 1792) and *Urophycis tenuis* (Mitchill 1815) (Pisces: Gadidae). *Can. J. Zool.* 60:2057-2078.

- MARTINS, AS & M HAIMOVICI. 1997. Distribution, abundance and biological interactions of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Southern Brazil Subtropical Convergence Ecosystem. *Fish. Res.* 30: 217- 227.
- MARTINS, RS & M HAIMOVICI. 2000. Determinação de idade, crescimento e longevidade da abrótea de profundidade, *Urophycis cirrata*, Goode & Bean, 1896, (Teleostei: Phycidae) no extremo sul do Brasil. *Atlântica*. 22: 57-70.
- MARTINS, AS. 2000. As assembleias e as guildas tróficas de peixes ósseos e cefalópodes demersais da plataforma continental e talude superior do extremo sul do Brasil. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil, 169 p.
- MELLON-DUVAL, C., DE PONTUAL, H., MÉTRAL, L., AND QUEMENER, L. 2010. Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. – *ICES Journal of Marine Science*, 67: 62–70.
- METHOT, R.D. 1983. Seasonal variation in survival of larval northern anchovy, *Engraulis mordax*, estimated from the age distribution of juveniles. *Fish. Bull.* U.S. 81: 741-750.
- MORALES-NIN, B., TORRES, G.J., LOMBARTE, A., RECASENS, L., 1998. Otolith growth and age estimation in the European hake. *J. Fish. Biol.* 53, 1155–1168.
- MORALES-NIN, B. & J. PANFILI. 2002. Age estimation. In Manual of Fish Sclerochronology (Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H. & Wright, P. J., eds), pp. 91-99. Brest: Ifremer-IRD Coedition.
- MUNRO, G. R. & D. PAULY. 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1(1): 5-6.

- NEAT, F.C., WRIGHT, P.J., & R.J. FRYER. 2008. Temperature effects on otolith pattern formation in Atlantic cod *Gadus morhua*. *Journal of Fish Biology* 73, 2527-2541.
- O'BRIEN, L., J. BURNETT, AND R.K. MAYO. 1993. Maturation of nineteen species of finfish off the northeast coast of the United States, 1985-1990. *NOAA Tech. Rep.* NMFS-113. 66 p.
- PANNELLA, G. 1971. Fish otolith: daily layers and periodical patterns. *Science* 173: 1124-1127.
- PAVLOV, D. A., EMEL'YANOVA, N. G. & G. G. NOVIKOV. 2009. In *Fish Reproductive Biology: Implications for Assessment and Management*. Edited by Jakobsen, T.; Fogarty, M. J.; Megrey, B. A. and Moksness, E. Blackwell Publishing Ltd.
- PEARSON, W.H., MILLER, S.E. & B.L. OLLA. 1980. Chemoreception in the food-searching and feeding behavior of the red hake (*Urophycis chuss*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 48 (2): 139- 150.
- PIÑEIRO, C., REY, J., DE PONTUAL, H., GOÑI, R., 2007. Tag and recapture of European hake (*Merluccius merluccius* L.) off the Northwest Iberian Peninsula: first results support fast growth hypothesis. *Fish. Res.* 88, 150–154.
- PIÑEIRO, C., REY, J., DE PONTUAL, H., AND GARCIA, A. 2008. Growth of Northwest Iberian juvenile hake estimated by combining sagittal and transversal otolith microstructure analyses. *Fisheries Research*, 93: 173–178.
- REY, J., FERNÁNDEZ-PERALTA, L., ESTEBAN, A., GARCÍA-CANCELA, R., SALMERÓN, F., PUERTO, MA., PIÑEIRO, C. 2012. Does otolith

- macrostructure record environmental or biological events? The case of black hake (*Merluccius polli* and *Merluccius senegalensis*) *Fisheries Research* 113; 159-172.
- RICKER, WE. 1975, Computation and interpretation of biological statistics of fish populations *Bulletin of the Fisheries research Board of Canada*, 191: 382 p.
- ROFF, D.A. 1992. The evolution of life histories. Chapman & Hall, New York.
- SCHWINGEL, P.R. & CASTELLO, J.P. 1990. Validación de la edad y crecimiento de la corvina *Micropogonias furnieri* en el sur de Brasil. *Frente Marítimo (Montevideo)* 7, 19-24.
- SILVEIRA M. P. M., COUSIN, J.C.B.; HAIMOVICI, M. 1995. Estrutura ovárica e testicular do linguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839), *Atlântica* 17,: 135-152.
- SIMKISS, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In *The Ageing of Fish* (Bagenal, T. B., ed.), pp. 1–12. Farnham: Unwin.
- STEFFENSEN, E. 1980. Daily growth increments observed in otoliths from juvenile East Baltic cod. *Dana*, vol. 1. Pp: 29-37.
- STURTZ, S., LIGGES, U., GELMAN, A., 2005. R2WinBUGS: A Package for Running WinBUGS from R. *Journal of Statistical Software* 12 (3): 1-16.
- THOMAS, A., O'HARA, B., LIGGES, U., STURTZ, S., 2006. Making BUGS Open. *R News* 6 (1): 12-17.
- UNIVALI. 2013. Boletim Estatístico da Pesca Industrial de Santa Catarina – Ano 2011. Ministério de Pesca e Aquicultura – Universidade do Vale do Itajaí. Itajaí. 69 p.

- VIANA, F.; ACUÑA, A.; BEROIS, N.; DANULAT, E., 2000: Testes morphology and reproductive aspects of male Brazilian codling (*Urophycis brasiliensis*, Kaup 1858). *J. Appl. Ichthyol.* 16, 134–135.
- VIZZIANO D, LÓPEZ DE LÉON E & L ARES. 1993. Contribución al estudio de la biología reproductiva de la hembra de *Urophycis brasiliensis* (Brótola) (Teleostei: Gadidae). *Bol. Soc. Zool. 2da. Época* 8 : 159-164.
- WEST, G. 1990. Methods of Assessing Ovarian development in Fishes: a Review. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 41(2) 199 – 222.
- WOODBURY, D., HOLLOWED, A.B., PEARCE, J.A., 1995. Interannual variation in growth rates and back-calculated spawn dates of juvenile Pacific hake (*Merluccius productus*). In: Secor, D.H., Dean, J.M., Campana, S.E. (Eds.), Recent Developments in Fish Otolith Research. Belle W. Baruch Library in Marine Science No. 19. University of South Carolina Press, Columbia, SC, pp. 481– 496.

7. TABELAS

Tabela 1. Chaves comprimento-número de bandas de machos da abrótea *Urophycis brasiliensis* do sul do Brasil, a partir da determinação em secções de otólitos sagitta.

Ct (mm)	Machos						Total
	2	3	4	5	6	7	
210	2						2
240	5	14	1	1			21
270		14	8	7	3		32
300			7	10	7	2	26
330			7	8	3	2	20
360					2	1	3
Total	7	28	23	26	15	5	104

Tabela 2. Chaves comprimento-número de bandas de fêmeas da abrótea *Urophycis brasiliensis* do sul do Brasil, a partir da determinação em secções de otólitos sagitta.

Ct (mm)	Fêmeas											Total
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
210	2											2
240	5	7	3									15
270	3	8	3									14
300		6	12	9	2	1						30
330		2	10	10	4	1						27
360		2	4	6	6	2						20
390			3	7	7	6	4	1				28
420			1	5	2	18	5	4	2			37
450				4	8	12	4	2				30
480				1	5	13	7	8	1	2		37
510					1	3	8	5	2	1		20
540					1		5	4	4	2		16
570						1					1	2
600											1	1
Total	10	25	36	42	36	57	33	24	9	5	2	279

Tabela 3. Comprimentos médios (mm) retrocalculados a formação de 7 e 12 bandas nos otólitos de machos e fêmeas de *U. brasiliensis*, respectivamente. *CTrj* representa os comprimentos médios retrocalculados a cada banda *j*, *Cto* representa os comprimentos médios observados para os *n* exemplares amostrados por idades e *Cti* representa os comprimentos médios retrocalculados por bandas sobre os *m* cortes de otólitos.

Comprimentos Retrocalculados- Fêmeas													
Bandas	Cto	n	CTr1	CTr 2	CTr 3	CTr 4	CTr 5	CTr 6	CTr 7	CTr 8	CTr 9	CTr 10	CTr 11 Tr 12
2	260	11	164	237									
3	296	26	165	226	273								
4	334	35	153	219	273	321							
5	381	42	158	218	269	322	367						
6	421	36	160	218	271	323	370	411					
7	455	56	157	211	258	306	353	397	440				
8	486	33	151	205	257	301	347	390	433	472			
9	491	25	149	204	253	293	331	367	409	448	483		
10	525	8	147	199	245	287	331	378	416	450	479	512	
11	524	5	148	191	229	265	303	338	384	420	458	488	515
12	591	2	116	169	205	256	307	362	430	470	502	530	558 574
Cti			156	214	263	310	353	391	428	458	480	506	527 574
m			279	279	268	242	207	165	129	73	40	15	7 2
Dp			27,8	32,2	36,1	40,2	44,8	45,3	41,9	44,6	42,6	43,0	37,7 4,0

Comprimentos Retrocalculados - Machos									
Bandas	Cto	n	CTr1	CTr2	CTr3	CTr4	CTr5	CTr6	CTr7
2	251	7	181	233					
3	271	28	156	215	261				
4	308	23	153	207	257	299			
5	315	26	144	191	233	274	309		
6	326	15	136	178	218	254	291	321	
7	343	5	124	168	205	244	284	310	338
Cti			150	201	243	276	301	318	338
m			104	104	97	69	46	20	5
Dp			26,4	28,0	30,3	32,5	27,2	27,0	24,8

Tabela 4. Parâmetros de von Bertalanffy (k médio e t_0 médio) para fêmeas, machos, adultos (macroestrutura) e juvenis (microestrutura) de *Micropogonias furnieri*, *Urophycis brasiliensis* e *Macrodon atricauda* capturados no sul do Brasil, e seus respectivos intervalos de credibilidade (ICr 0,025 e 0,975) (O CT_∞ foi fixado).

Espécie	Sexo	CT_∞ (mm)	Tipo de marcas (anéis)	K médio	ICr 0.025	ICr 0.975	t_0 médio	Cr I 0.025	Cr I 0.975
<i>Micropogonias furnieri</i>	Fêmeas	700	Microestrutura	0,29	0,28	0,31	-0,08	-0,11	-0,05
			Macroestrutura	0,27	0,27	0,28	-0,03	-0,12	-0,001
	Machos	650	Microestrutura	0,32	0,30	0,35	-0,07	-0,10	-0,04
			Macroestrutura	0,31	0,29	0,32	-0,09	-0,28	-0,003
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Fêmeas	580	Microestrutura	0,71	0,65	0,75	-0,01	-0,03	-0,001
			Macroestrutura *	0,18	0,17	0,20	-0,44	-0,84	-0,10
	Machos	380	Microestrutura	1,19	1,11	1,26	-0,01	-0,02	-0,001
			Macroestrutura *	0,24	0,21	0,28	-1,94	-2,86	-1,03
<i>Macrodon atricauda</i>	Fêmeas	430	Microestrutura	0,47	0,41	0,53	-0,02	-0,08	-0,01
			Macroestrutura	0,53	0,50	0,55	-0,05	-0,16	-0,002
	Machos	360	Microestrutura	0,58	0,50	0,66	-0,02	-0,09	-0,001
			Macroestrutura	0,63	0,59	0,66	-0,05	-0,17	-0,001

* bandas opacas não validadas

Tabela 5. Tamanho (CT_{50} , cm) e idade (I_{50} , anos) de primeira maturação sexual para a abrótea costeira e suas congêneres do Hemisfério Norte. Amplitude dos tamanhos e idades calculadas, e o número de indivíduos amostrados (n) são também fornecidos.

Espécie	Área	Ano	Sexo	CT_{50}	Amplitude	I_{50}	Amplitude	n
<i>Urophycis tenuis</i> *	Gulf of Maine-Georges Bank	1987-1989	Machos	32,7	20,3 - 52,0	1,4	1,0 - 7,0	346
<i>Urophycis tenuis</i> *	Gulf of Maine-Georges Bank	1987-1990	Fêmeas	35,1	13,6 - 68,7	1,4	1,0 - 18,0	455
<i>Urophycis chuss</i> *	Gulf of Maine-Norte Georges Bank	1985-1989	Machos	22,2	16,8 - 30,7	1,4	1,0 - 12,0	595
<i>Urophycis chuss</i> *	Gulf of Maine-Norte Georges Bank	1985-1990	Fêmeas	26,9	21,0 - 36,0	1,8	1,0 - 12,0	667
<i>Urophycis chuss</i> *	Atlântico Médio-Sul Georges Bank	1985-1991	Machos	23,8	17,8 - 33,2	1,7	1,0 - 12,0	753
<i>Urophycis chuss</i> *	Atlântico Médio-Sul Georges Bank	1985-1992	Fêmeas	25,1	19,3 - 34,1	1,8	1,0 - 10,0	1020
<i>Urophycis brasiliensis</i> **	Sul do Brasil	2012-2013	Machos	29,7	15,1 - 37,9	1,2	-	123
<i>Urophycis brasiliensis</i> **	Sul do Brasil	2012-2013	Fêmeas	40,2	13,3 - 58,2	1,6	-	384

* O'Brien et al. (1993)

** Este estudo (2014)

Tabela 6. Parâmetros de crescimento da equação de von Bertalanffy (k , CT_{∞} , t_0) obtidos para diferentes espécies da família Phycidae e Merlucciidae obtidos por diferentes autores por sexo, métodos da determinação etária, estoque e área; o parâmetro do teste phi-prime (ϕ) foi calculado para ambos os sexos.

Espécie	Autor	Sexo	Método	Estoque	k	CT_{∞}	t_0	ϕ
<i>Urophycis tenuis</i>	Kulka <i>et al.</i> (2006)	Machos	Otólitos *	Canadá - Grand Banks	0.32	67.10	-0.38	3.16
<i>Urophycis tenuis</i>	Kulka <i>et al.</i> (2006)	Fêmeas	Otólitos *	Canadá - Grand Banks	0.25	85.70	-0.34	3.26
<i>Urophycis tenuis</i>	Clay & Clay (1991)	Machos	Otólitos *	Canadá - Southern Gulf	0.22	84.20	0.13	3.19
<i>Urophycis tenuis</i>	Clay & Clay (1991)	Fêmeas	Otólitos *	Canadá - Southern Gulf	0.11	136.63	-0.28	3.30
<i>Urophycis chuss</i>	Pentilla & Dery (1988)/NEFMC (2000)	Ambos	Otólitos *	Canadá - Georges Banks	0.19	60.19	0.32	2.84
<i>Urophycis cirratus</i>	Martins & Haimovici (2000)	Machos	Otólitos *	Brasil - Sul	0.20	50.73	-0.79	2.71
<i>Urophycis cirratus</i>	Martins & Haimovici (2000)	Fêmeas	Otólitos *	Brasil - Sul	0.15	69.80	-0.15	2.88
<i>Urophycis mystacea</i>	Balbi (2013)	Machos	Otólitos *	Brasil - Sudeste/Sul	0.20	54.92	-0.90	2.79
<i>Urophycis mystacea</i>	Balbi (2013)	Fêmeas	Otólitos *	Brasil - Sudeste/Sul	0.13	73.80	-1.08	2.86
<i>Phycis blennoides</i>	Casas & Piñero (2000)	Machos	Otólitos *	P. Ibérica - ICES Div. VIII c/IX a	0.22	54.90	-0.66	2.82
<i>Phycis blennoides</i>	Casas & Piñero (2000)	Fêmeas	Otólitos *	P. Ibérica - ICES Div. VIII c/IX a	0.09	113.30	-0.56	3.06
<i>Phycis phycis</i>	Skoko <i>et al.</i> (2011)	Machos	Otólitos *	Mar Adriático	0.15	75.18	-0.70	2.93
<i>Phycis phycis</i>	Skoko <i>et al.</i> (2011)	Fêmeas	Otólitos *	Mar Adriático	0.24	59.08	-0.33	2.92
<i>Merluccius merluccius</i>	Piñeiro & Sainza (2003)	Machos	Otólitos *	P. Ibérica - Sul	0.18	70.00	-0.97	2.95
<i>Merluccius merluccius</i>	Piñeiro & Sainza (2003)	Fêmeas	Otólitos *	P. Ibérica - Sul	0.13	89.00	-1.15	3.01
<i>Merluccius hubbsi</i>	Vaz-dos-Santos & Wongtschowski (2007)	Machos	Otólitos *	Brasil - Sudeste/Sul	0.35	47.49	-0.53	2.90
<i>Merluccius hubbsi</i>	Vaz-dos-Santos & Wongtschowski (2007)	Fêmeas	Otólitos *	Brasil - Sudeste/Sul	0.26	65.69	0.54	3.05
<i>Merluccius hubbsi</i>	Bezzi <i>et al.</i> (2004)	Machos	Otólitos *	Argentina - Norte	0.40	61.66	-0.38	3.18
<i>Merluccius hubbsi</i>	Bezzi <i>et al.</i> (2004)	Fêmeas	Otólitos *	Argentina - Norte	0.19	88.55	-0.27	3.17
<i>Merluccius hubbsi</i>	Bezzi <i>et al.</i> (2004)	Machos	Otólitos *	Argentina - Sul	0.39	54.29	0.01	3.06
<i>Merluccius hubbsi</i>	Bezzi <i>et al.</i> (2004)	Fêmeas	Otólitos *	Argentina - Sul	0.15	98.00	-0.42	3.15
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Acuña (1999)	Ambos	Otólitos *	Uruguai - Sul	0.07	71.65	-1.27	2.57
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Andrade (2004)	Fêmeas	Otólitos *	Brasil - Sul	0.11	75.67	-3.05	2.78
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Este estudo	Machos	Otólitos *	Brasil - Sul	0.24	38.00	-1.94	2.54
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Este estudo	Fêmeas	Otólitos *	Brasil - Sul	0.18	60.00	-0.44	2.81
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Este estudo	Machos	Otólitos **	Brasil - Sul	1.19	38.00	-0.01	3.24
<i>Urophycis brasiliensis</i>	Este estudo	Fêmeas	Otólitos **	Brasil - Sul	0.71	60.00	-0.01	3.41

* macroestrutura

** microestrutura

8. FIGURAS



Figura 1. Exemplar de *Urophycis brasiliensis* (<https://siemprepesca.wordpress.com/page/9/>)

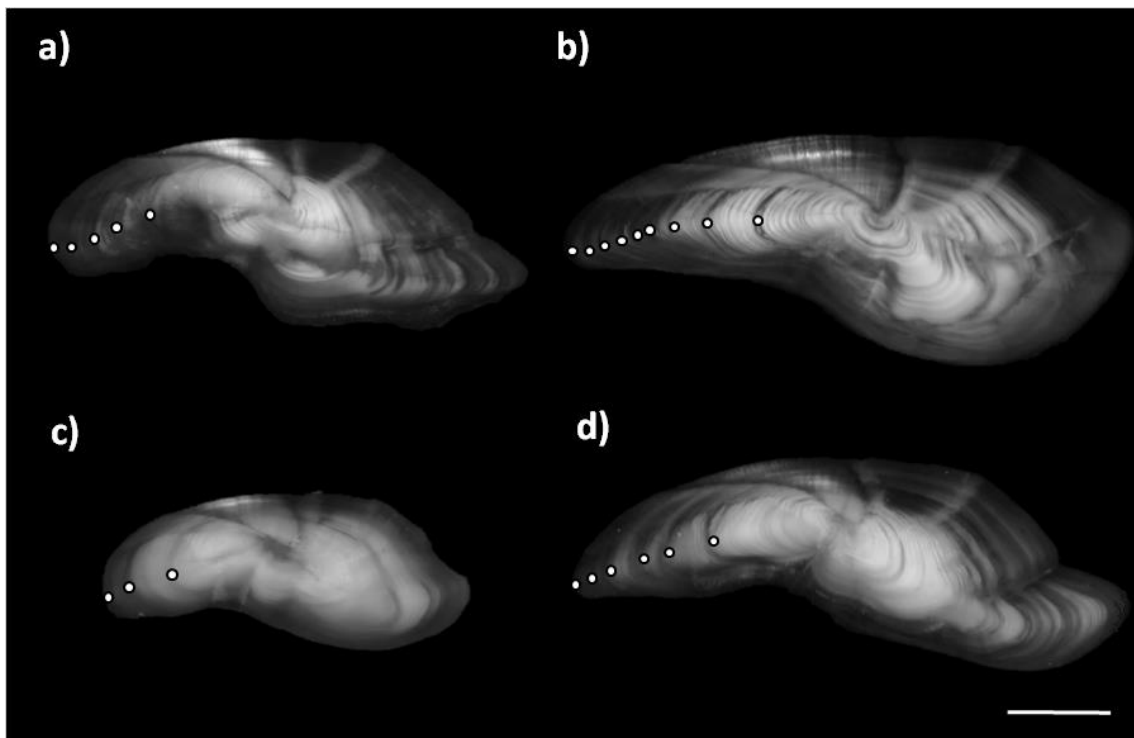


Figura 2. Secções de otólitos em espécimes de *Urophycis brasiliensis* com a) 385 mm CT e 5 bandas, b) 516 mm CT e 9 bandas, c) 252 mm CT e 3 bandas e d) 459 mm CT e 6 bandas.

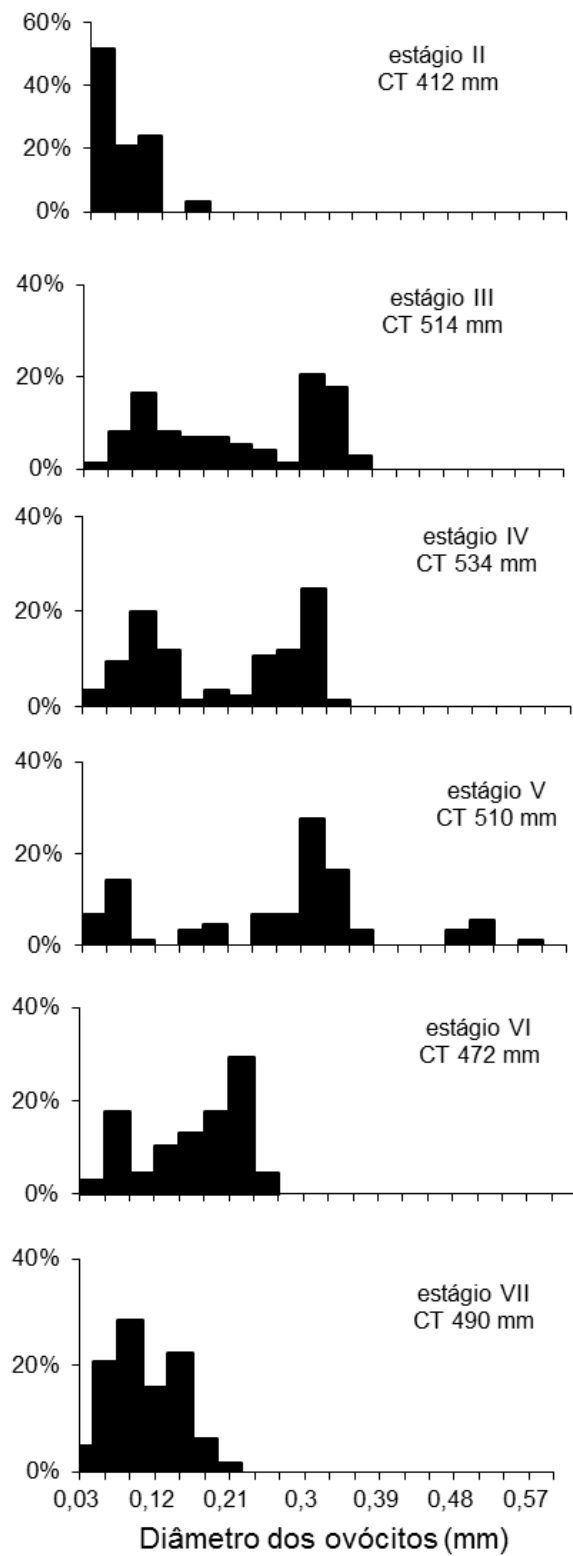


Figura 3. Diâmetros dos ovócitos encontrados em 6 fêmeas de *Urophycis brasiliensis* no sul do Brasil.

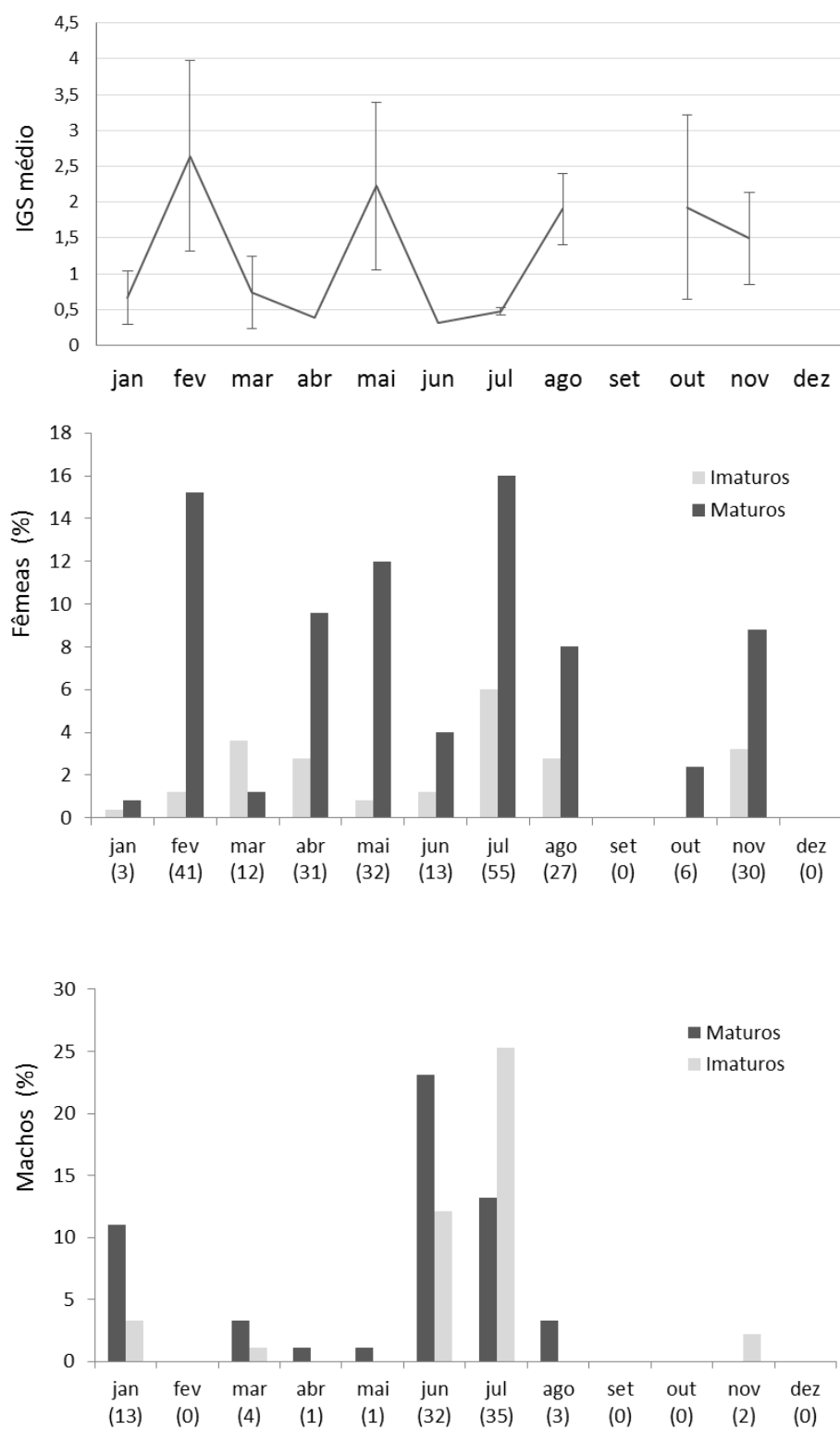


Figura 4. IGS médio de fêmeas e porcentagens de espécimes maduros para fêmeas e machos de *Urophycis brasiliensis* no sul do Brasil.

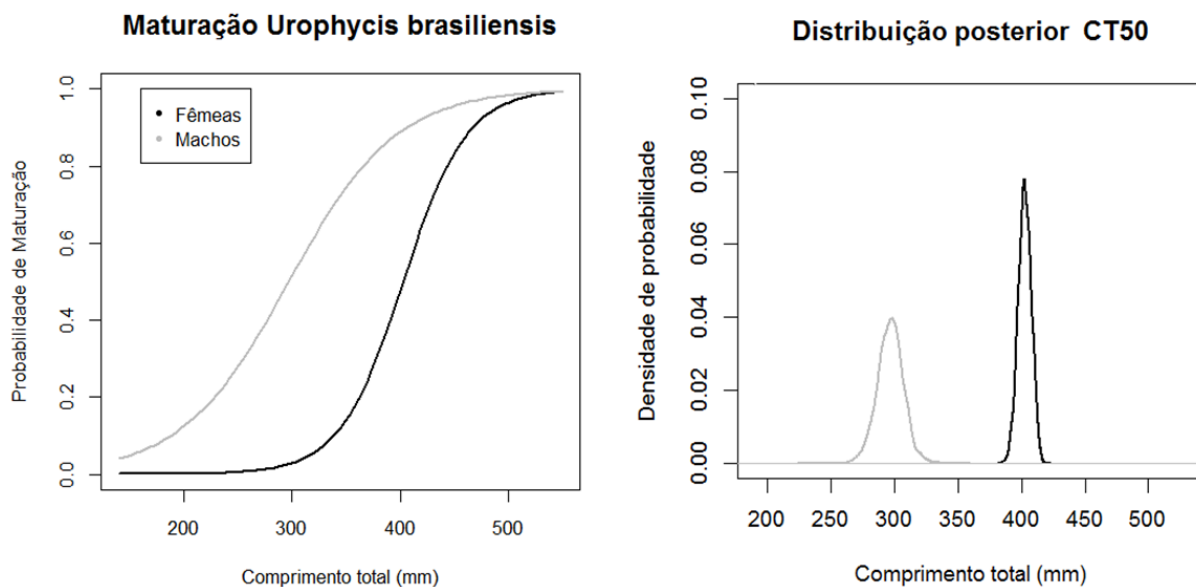


Figura 5. Ogiva de maturação (à esquerda) e distribuição posterior do parâmetro estimado (à direita) para machos (cinza) e fêmeas (preto) de *Urophycis brasiliensis* pescadas no sul do Brasil entre 2012 e 2013.

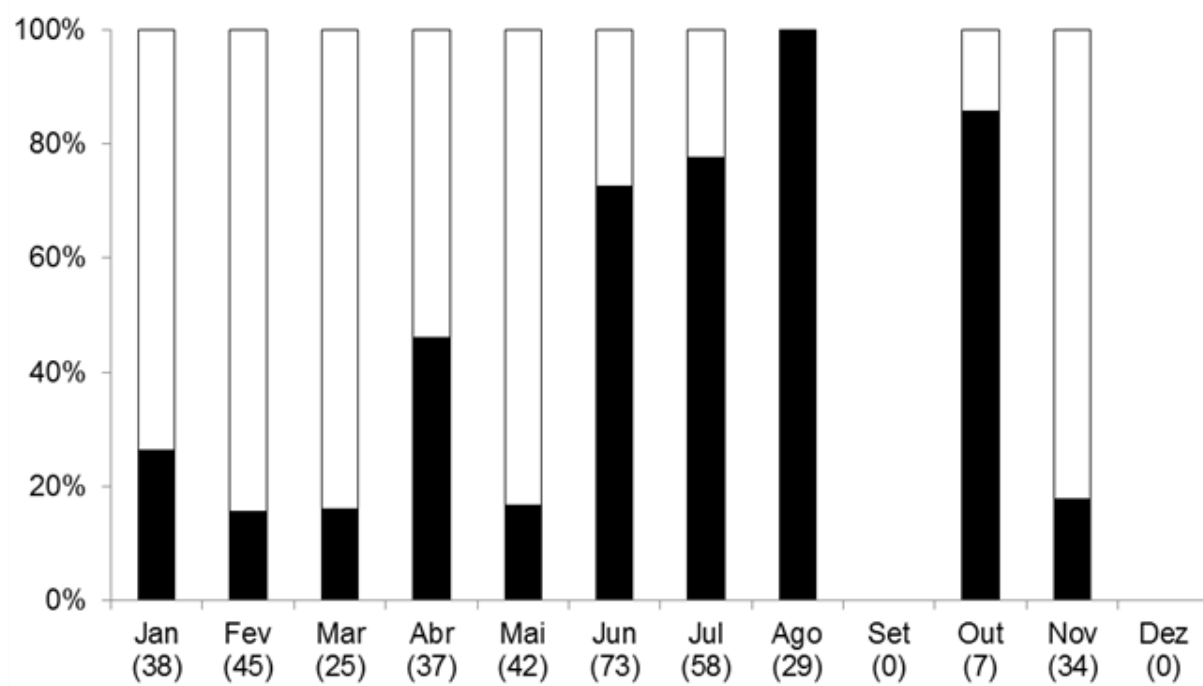


Figura 6. Padrão sazonal na deposição de bandas translúcidas (brancas) e opacas (pretas) nas bordas das secções de otólitos de *Urophycis brasiliensis* no sul do Brasil (o número dos otólitos examinados mensalmente está em parênteses).

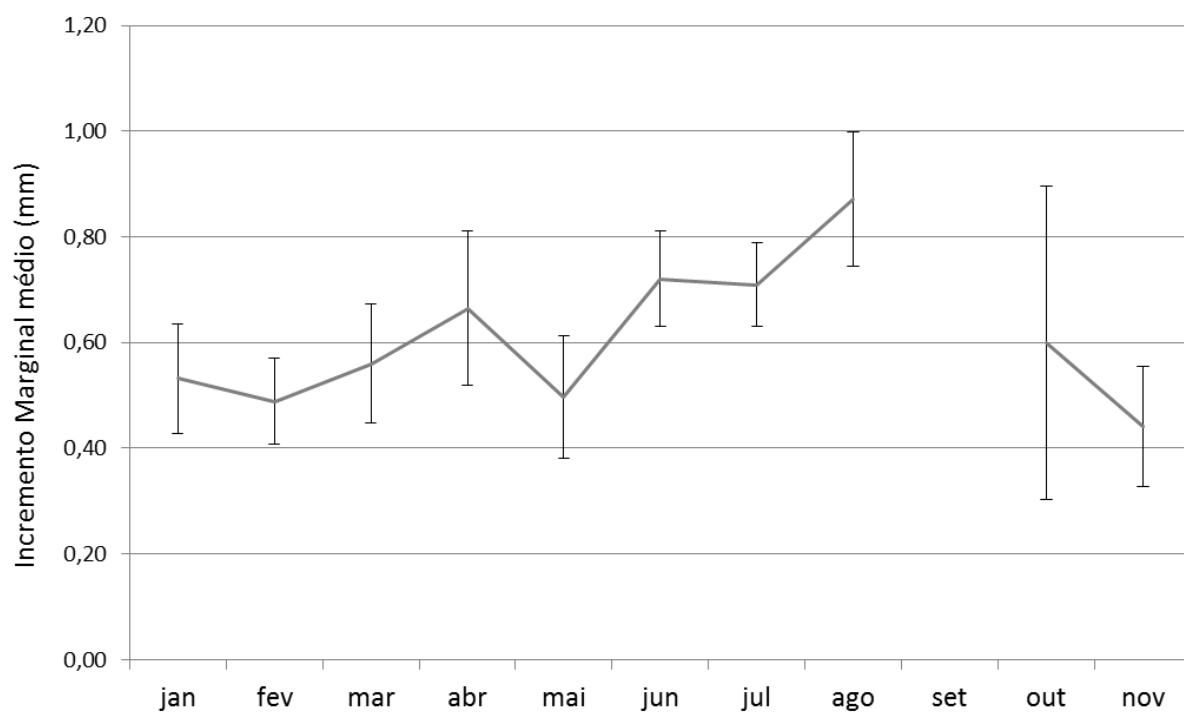


Figura 7. Incremento marginal médio mensal nas secções de otólitos de *Urophycis brasiliensis*.

Barras verticais indicam o intervalo de confiança ($\alpha = 0.05$).

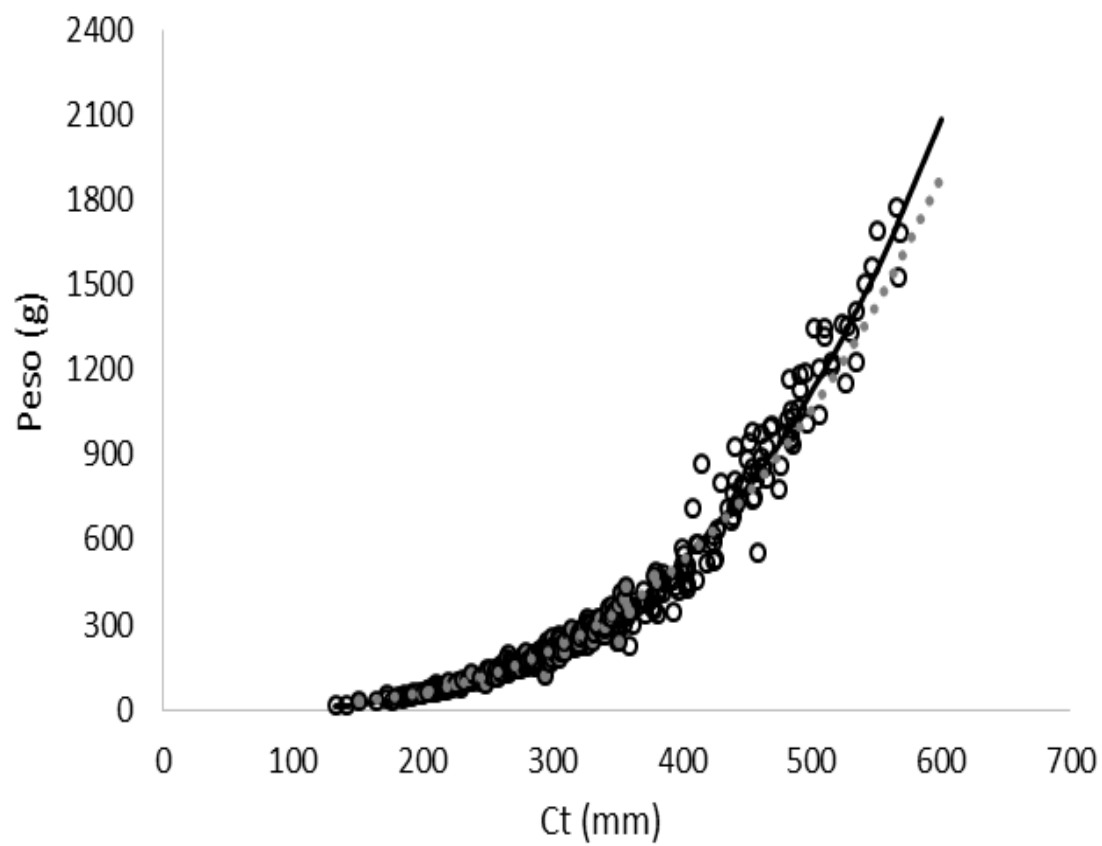


Figura 8. Relações comprimento-peso de *Urophycis brasiliensis* capturadas no sul do Brasil. Círculos brancos: fêmeas; círculos cinza: machos. Linha contínua: regressão das fêmeas; linha pontilhada: regressão dos machos.

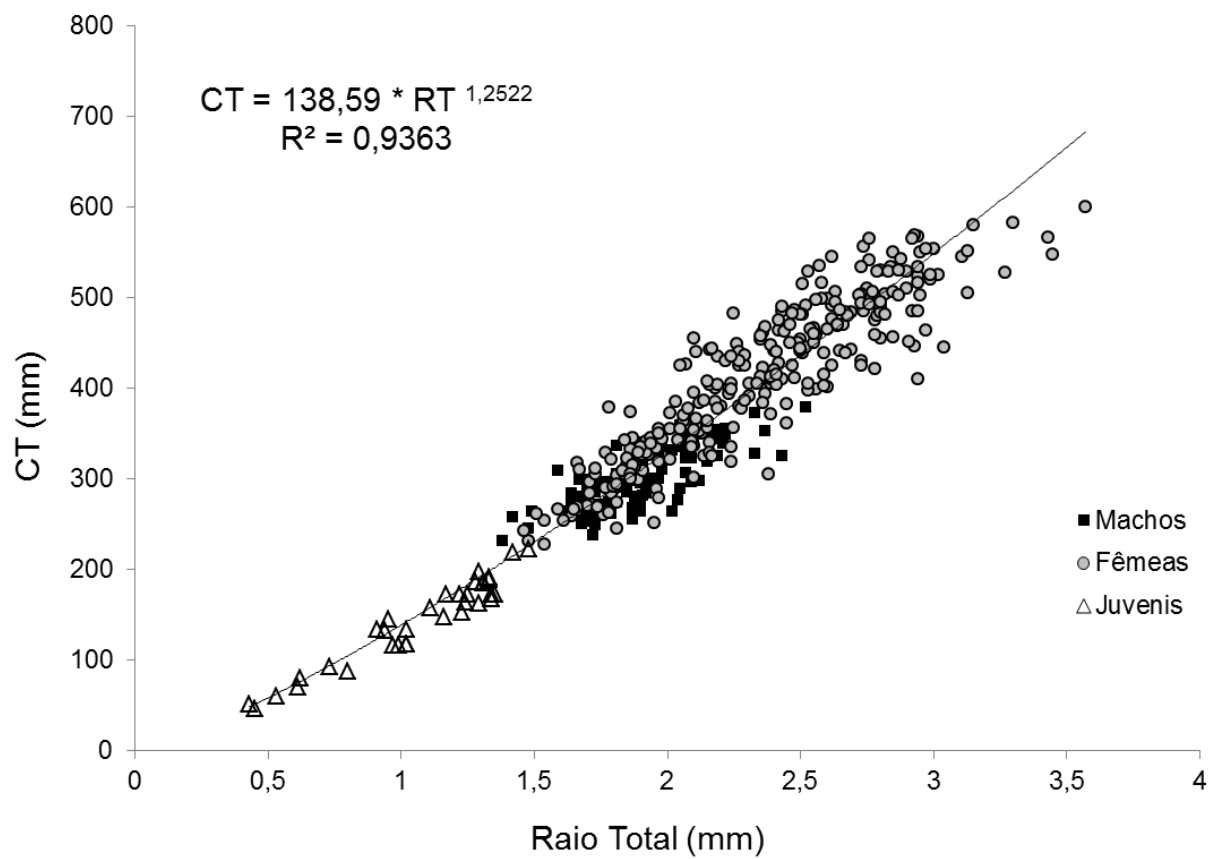


Figura 9. Relação potencial entre o comprimento total CT (mm) e a distância do núcleo à borda do otólito RT (mm) de machos (quadrado preto), fêmeas (círculo cinza) e juvenis (triângulo branco) de *Urophycis brasiliensis*.

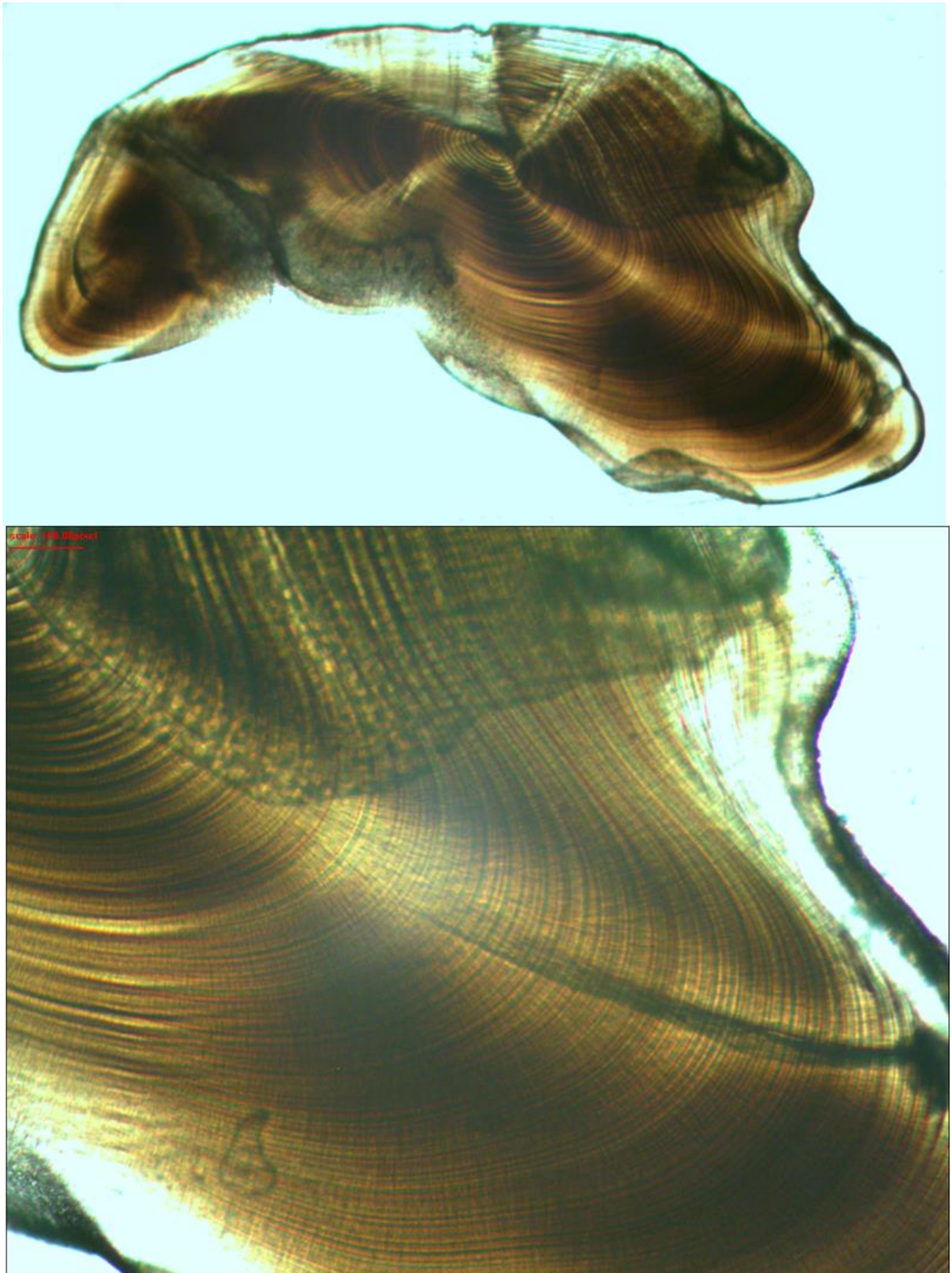


Figura 10. Microincrementos observados na macro e microestrutura em um exemplar de *Urophycis brasiliensis* de 176 mm de CT, e 219 dias de vida.

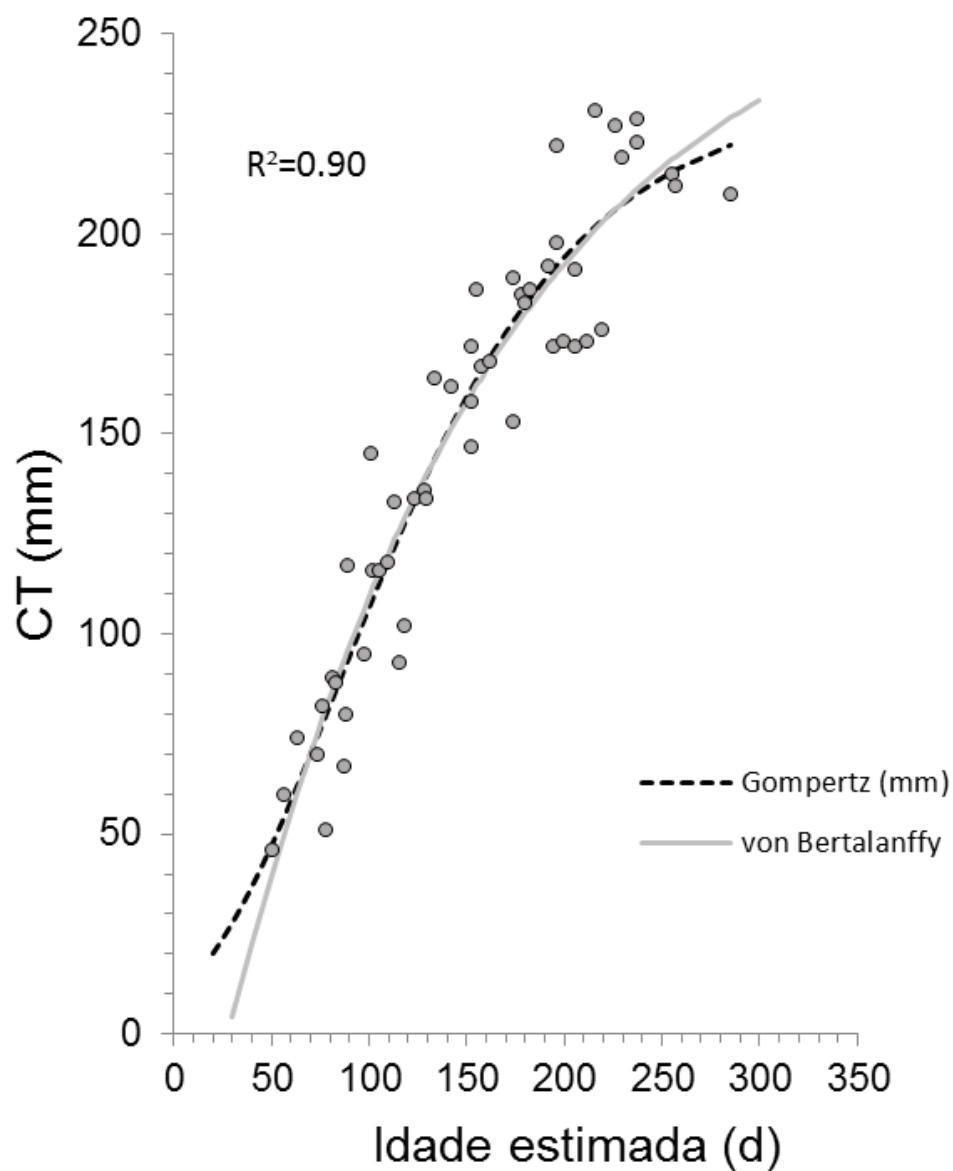


Figura 11. Curva de crescimento de Laird-Gompertz ($r^2 = 0,90$) e de von Bertalanffy ajustadas aos dados de comprimento total vs. idades da abrótea (dias) de *Urophycis brasiliensis*.

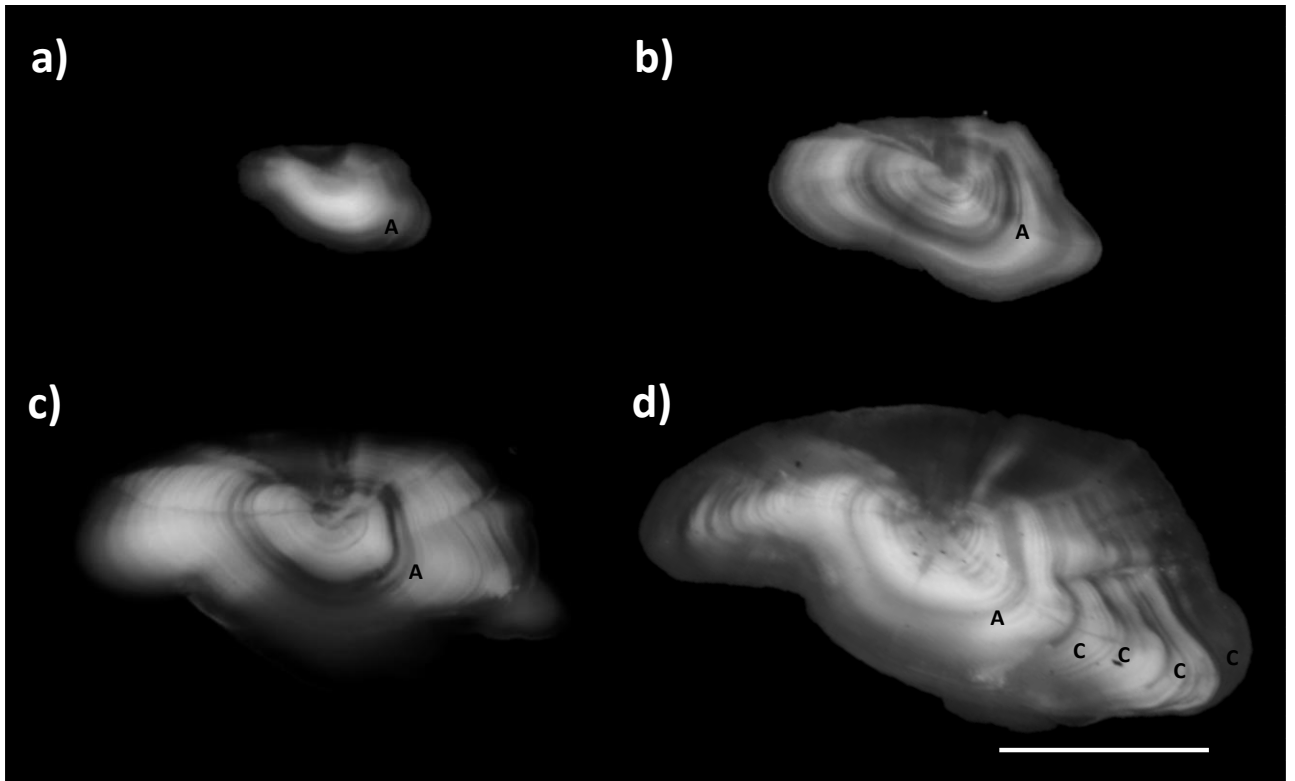


Figura 12. Check demersal ou marca de assentamento (A) em exemplares com: a) 46 mm CT, b) 89 mm CT, c) 172 mm CT e checks (C) em exemplar com: d) 231 mm CT, nas secções de otólitos de *Urophycis brasiliensis*. Barra de escala = 1 mm.

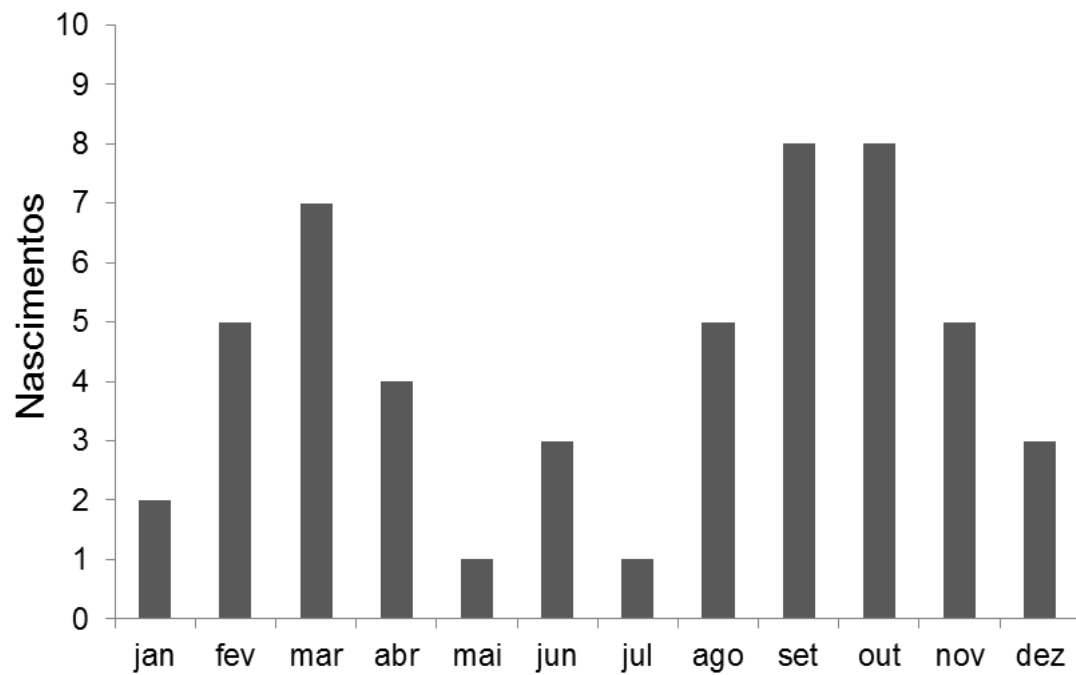


Figura 13. Distribuição mensal das datas de nascimentos estimadas a partir da contagem de microincrementos diários nos otólitos *sagittae* de 52 juvenis de *Urophycis brasiliensis* amostrados no mês de janeiro de 2012, no sul do Brasil.

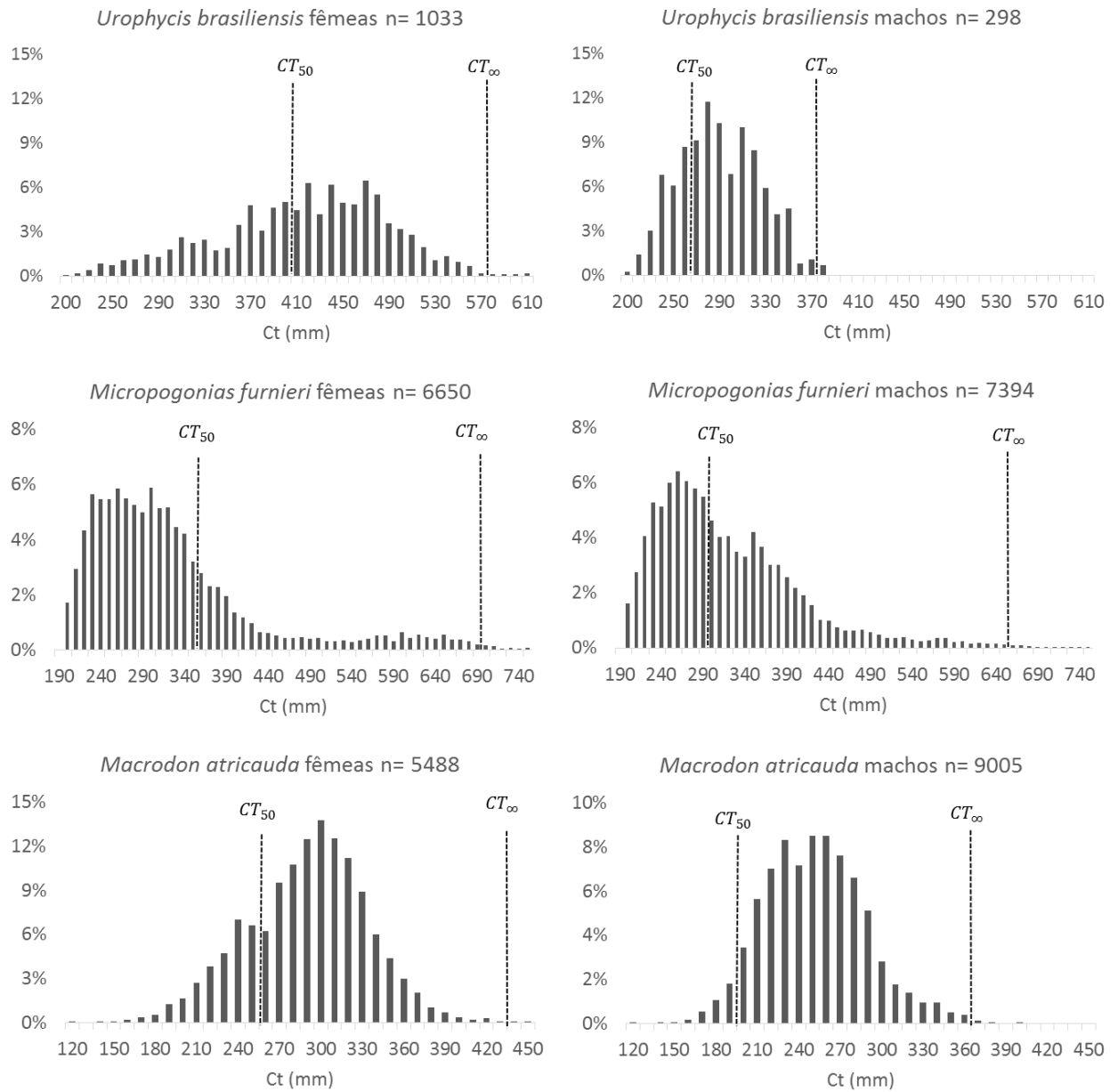


Figura 14. Comprimentos de primeira maturação (CT_{50}) e assintóticos (CT_{∞}) para *Urophycis brasiliensis*, *Micropogonias furnieri* e *Macrodon atricauda* estimados a partir de artes não seletivas no sul do Brasil (arrasto).

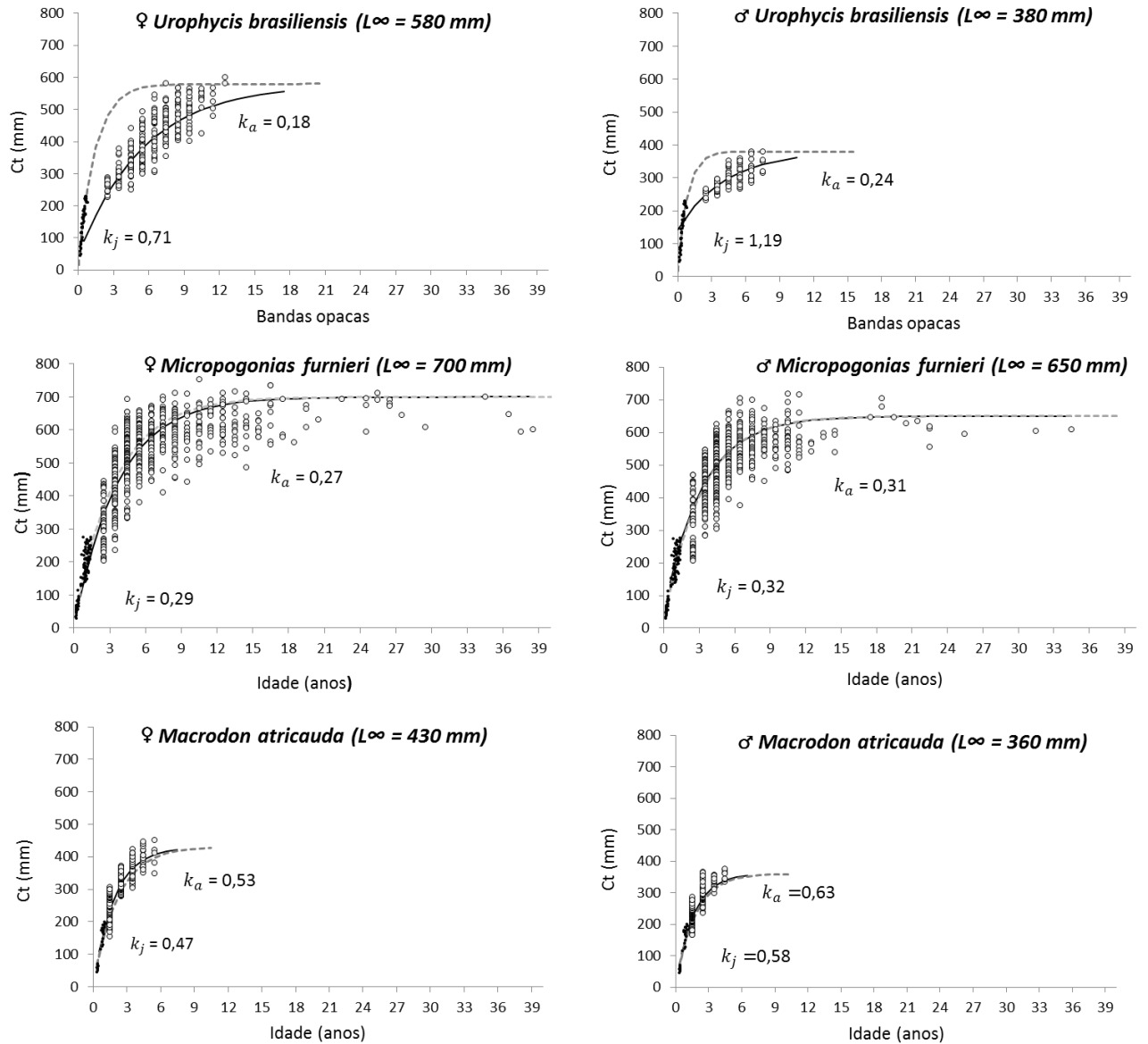


Figura 15. Curvas de crescimento estimadas a partir da microestrutura (linha tracejada, círculos pretos) e da macroestrutura (linha contínua, círculos brancos) para machos e fêmeas adultos (k_a), e juvenis (k_j) de abrótea *Urophycis brasiliensis*, corvina *Micropogonias furnieri* e pescadinha *Macrodon atricauda* capturados no sul do Brasil.

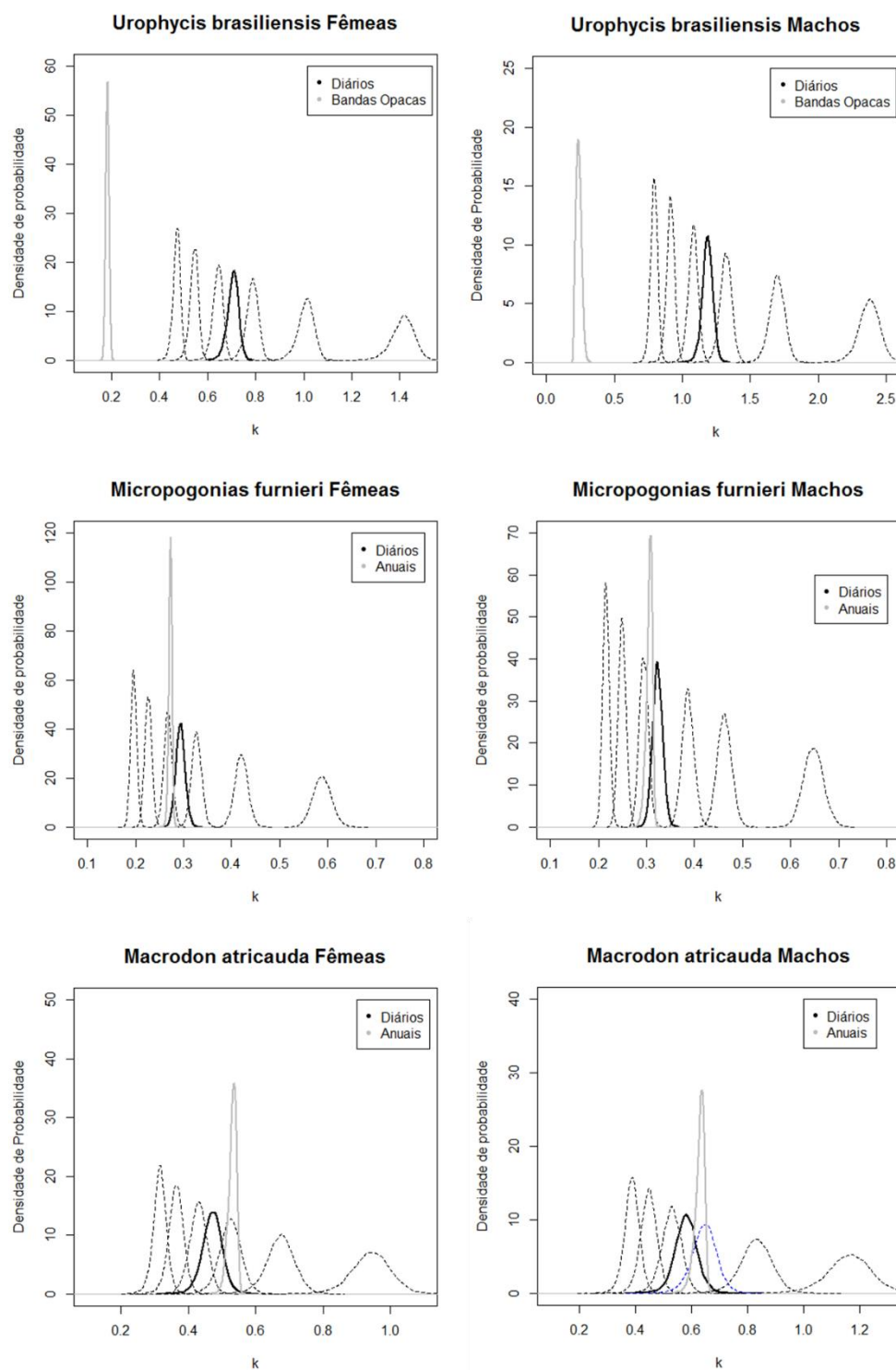


Figura 16. Densidades de probabilidades de k inferido das contagens de microincrementos (anéis diários, cor preto) e de bandas opacas (anuais, cor cinza) em secções de otólitos de três espécies demersais *Urophycis brasiliensis*, *Micropogonias furnieri* e *Macrodon atricauda*, e suas respectivas sensibilidades à superestimação (a esquerda) e subestimação (a direita) das contagens dos microincrementos em 10, 30 e 50%.

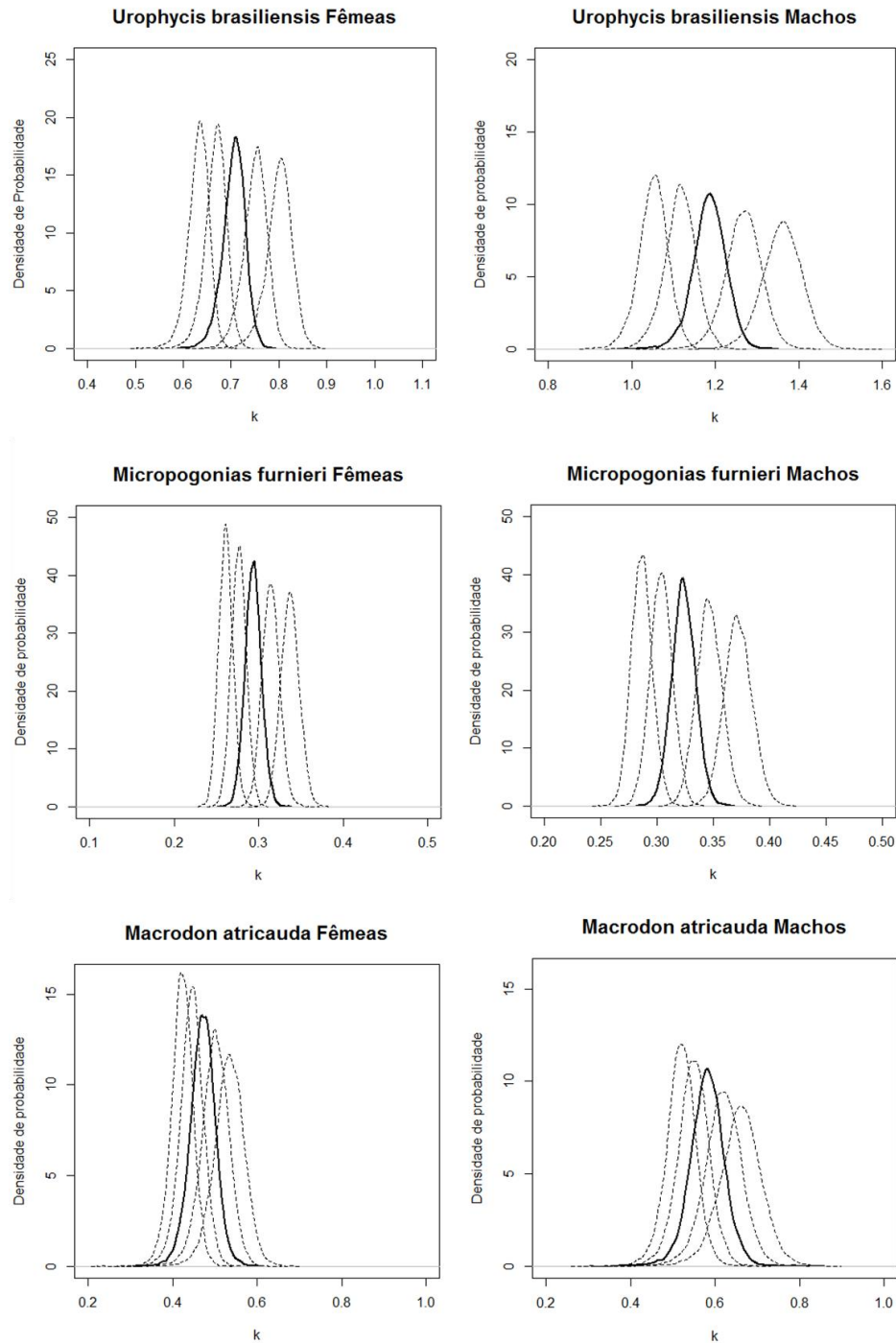


Figura 17. Densidade de probabilidades do valor do parâmetro CT_{∞} (linha preta contínua) inferido através dos dados de composições de comprimentos de três espécies demersais *Micropogonias furnieri*, *Urophycis brasiliensis* e *Macrodon atricauda* e as respectivas sensibilidades da escolha do CT_{∞} (linha pontilhada) à valores de 5 a 10% superiores (a esquerda) ou inferiores (a direita).

9. APÊNDICE

Growth of *Urophycis brasiliensis* using an alternative approach based in ageing of juveniles and the sexual maturation in southern Brazil

Letícia Maria Cavole¹

Luís Gustavo Cardoso²

Maíra de Sousa Almeida²

Manuel Haimovici²

Email address for contact author: leticiaacavole@hotmail.com

¹ Pós Graduação em Oceanografia Biológica.

Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande (FURG),

Caixa Postal 474, Avenida Itália Km 8, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brazil

E-mail address: leticiaacavole@hotmail.com

² Laboratório de Recursos Pesqueiros Demersais e Cefalópodes,

Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande (FURG),

Caixa Postal 474, Avenida Itália Km 8, CEP 96203-900, Rio Grande, RS, Brazil

Abstract

Uncertainty over the determination of ages for the Brazilian codling *Urophycis brasiliensis* reported in several papers have hampered its stock assessment. Data from total length (TL: 46 - 600 mm), sex, maturity and sagittal otoliths were collected from specimens fished along southern Brazil from June 2012 to July 2013. The spawning occurs throughout the year and the mean length at 50% maturity (TL_{50}) was 296 mm for males and 402 mm for females. The annual periodicity of alternate opaque and translucent bands on otoliths was not validated. Nonetheless, the otolith microstructure of 52 juveniles (46-231 mm TL) showed a clear deposition pattern and daily growth rates consistent with other gadiformes. Growth was described by von Bertalanffy model using an alternative approach combining microstructure data and fixing the mean asymptotic total length (TL_{∞}). Von Bertalanffy growth parameters of females were $TL_{\infty} = 580$ mm, $k = 0.71 \text{ year}^{-1}$, and $t_0 = -0.01$ year and those of males were $TL_{\infty} = 380$ mm, $k = 1.19 \text{ year}^{-1}$, and $t_0 = -0.01$ year. The consistence of the approach was supported by the strong correspondence between the VB curves calculated with validated age determination at daily and annual scales for two species (*Micropogonias furnieri* and *Macrodon atricauda*). The proposed approach can be an alternative for species with complex pattern of opaque and translucent bands in which daily growth increments can be observed.

Introduction

Life-history patterns of fish vary in a consistent fashion, and growth and maturation parameters are closely interrelated (Hutchings, 2002). As such, it may be possible to estimate both the age and size at first maturity from the information encapsulated in a growth trajectory plot (He and Stewart, 2001). Ageing is a highly relevant issue in the ecological studies of fish populations not only to estimate growth, mortality and longevity but also to date events along its life history (Stevenson and Campana, 1992). Otoliths are the most widely used structure to age fishes (Morales-Nin and Panfili, 2002; Campana, 2005). However, only those with a consistent pattern of opaque and translucent bands formed with a regular periodicity, usually annual, are adequate for ageing. Nevertheless, the fulfilling of this requirement is not straightforward. Recent studies of tag-recapture data of hakes from temperate European waters have shown that ageing through the counting of translucent and opaque bands, formerly considered as “annuli”, may overestimate ages and underestimate growth (de Pontual et al., 2006; Piñeiro et al., 2007, 2008; Mellon-Durval et al., 2010). Marginal increment analysis (MIA) is the validation method most commonly used, and the most likely to be abused (Campana, 2001). In addition, because of the number of *checks*, frequent in Gadiformes otoliths, it is to be expected that any analysis of the time of annulus formation would not provide as clear a pattern as observed in species with fewer checks. Ageing have proved particularly elusive for otoliths of the subfamily Phycidae in which *checks* were frequently observed, like in *Urophycis chuss* (Dery, 1988), *U. tenuis* (Clay and Clay, 1991), *U. brasiliensis* (Acuña, 2000) and *U. cirrata* (Martins and Haimovici, 2000).

Brazilian codling *Urophycis brasiliensis* (Kaup, 1858) (Phycidae) is a demersal fish that occurs in shallow coastal waters in the southwestern Atlantic from Rio de

Janeiro, Brasil (23°S) (Figueiredo and Menezes, 1978) to the south of Mar del Plata, Argentina (40°S) (Cousseau, 1993). In southern Brazil *U. brasiliensis* has a benthic-demersal habit and occurs mainly on sandy bottoms (Goldstein, 1988) between 10 and 220 m along the continental shelf (Haimovici et al. 1996; 2008). In this region, *U. brasiliensis* is the target of industrial trawling and gillnet fisheries throughout the year and has a relative importance in terms of tonnage (the annual landings were around 1500 metric tonnes in 2011) and in terms of economic value as a part of the mixed demersal fisheries.

U. brasiliensis was the subject of several studies to estimate age and growth by reading otoliths and none of them obtained convincing results, mainly due to failure to validate the estimated ages. Andrade et al. (2004, 2005) in the southern Brazil and Acuña (2000) in the Uruguayan waters examined hundreds otoliths of *U. brasiliensis*, nonetheless they had not validated the age because of the difficult in examining otoliths sections. The uncertainty of the age determination of the brazilian codling *Urophycis brasiliensis* hinders the study of its life cycle and the assessment of its stock.

The present article attempts to determine the annual reproductive cycle, estimate the size at first sexual maturity and infer growth curves from the macro and microstructure otoliths of *U. brasiliensis* in the southern Brazil. Macrostructure pattern exhibited opaque and translucent bands in otoliths, but like in several previous studies, it was not possible to validate its periodicity of deposition. On the other hand, otolith microstructure showed a clear pattern similar to the daily growth increments observed in Gadiformes species. Assuming this limitation, we analyze the possibility to adjust the growth of the species to von Bertalanffy (VB) model from the ageing of daily growth increments in the first year of life and a fixing value of asymptotic length (TL_{∞}). The consistence of this technique was tested by applying it to other two species with

validated age determination at annual and daily scale (*Micropogonias furnieri* and *Macrodon atricauda*).

Materials and methods

Data collection

Large juveniles and adults of *U. brasiliensis* were monthly collected from landings of commercial bottom trawling and gillnet in Rio Grande, southern Brazil (30 ° S and 34 ° S) in depths between 15 and 130 m, between June 2012 and July 2013, except for September and December, 2012. Small juveniles were collected in shallow waters (> 10 m) by the research vessel *Atlântico Sul* in January 2013. Sex, total length (TL, mm), total weight (W, g), gonad weight (GW, 0.1g) were recorded and sagittal otoliths were collected for all sampled specimens.

The length of first maturity (TL_{50}) and the growth VB parameters t_0 , and k were calculated with a Bayesian adjust, which allows a probabilistic quantification of uncertainty simplifying the comparisons, once it enable a visual comparison (Gelman et al., 2003). Statistical analyzes were carried out in the free software R (vers. 3.3.1; R Core Team, 2013). The stochastic Markov Chain Monte Carlo (MCMC) was operated with OpenBUGS using the R2WinBUGS (Sturtz et al., 2005) and BRugs (Thomas et al., 2006) libraries.

Reproductive Biology

For reproduction studies, ovaries and oocytes were examined visually fresh or fixed in formalin 10%. The diameters of the oocytes and its characteristics (presence of lipidic or proteic yolk vesicles, hydration) were recorded from samples examined with a binocular microscope with up to 40x magnification, and the scale of seven stages was

used to characterize the ovaries of females (Haimovici and Cousin, 1989; West, 1990). Females in stages I (virginal or immature) and II (developing virginal) had the gonadal membrane very thin and poor irrigated, with oocyte diameter lower than 0.15 mm, without signs of vitellogenesis. In the ovaries of stages III (developing), IV (advanced development), V (running) and VI (partly spent), the membrane of the ovaries is clear irrigated by blood vessels and show both oocytes with no sign of vitellogenesis and oocytes in vitellogenesis of up to 0.6 mm in diameter. Post-spawned ovaries in stage VII (recovering) are flabby, hemorrhagic and exhibit a thickened membrane, without mature oocytes. Males with threadlike transparent testes (stages I and II) were considered immature. Males with whitish enlarged test and running sperm when cut and compressed (stages III, IV and VI) or running (stage V) were considered to have reached sexual maturity, and spent tests (stage VII) were brownish with longitudinal grooves and no sperm. The stage III was considered the onset on maturation. The gonadosomatic index (*GSI*) was calculated as:

$$GSI (\%) = \left(\frac{GW}{W} \right) \cdot 100$$

To analyze the seasonality of the reproduction it were calculated the means monthly *GSI*. The mean *GSI* values were tested for normality (Kolmogorov-Smirnov one-sample test) and homogeneity of variance (Levene's test) and any differences were tested with one-way analysis of variance (ANOVA) and post-hoc Tukey tests (Zar, 1984).

The length maturity ogives were estimated with data obtained throughout the year, once we did not observe reproduction seasonality. The total number (n_i) and the number of mature specimens (y_i) were calculated for males and females in 10-mm-TL size classes. If θ_i denotes the probability of an individual of the i^{th} age or i^{th} length class

being mature, y_i was assumed to follow a binomial distribution $Bin(n_i, \theta_i)$. Data were fitted to a logistic model, defined by a *logit* link function that transforms the parameter θ_i , restrict to the range $[0,1]$ in the binomial distribution, in m defined between $(-\infty, +\infty)$ (Kinas and Andrade, 2010). The logistic model was defined as follows:

$$m_i = g(\theta_i) = \log\left(\frac{\theta_i}{1 - \theta_i}\right)$$

$$m_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_i$$

where m_i is the probabilities at each x_i that are each length class. From this model, TL_{50} were defined as:

$$TL_{50} = \frac{-\beta_0}{\beta_1}$$

The posterior distribution $p(\beta_0, \beta_1 | D)$, where was $D = \{(y_i, n_i, x_i); i = 1, \dots, k\}$ obtained via MCMC by the same way used to estimate TL_{50} by Cardoso and Haimovici (2014).

Age and growth

Sagittal otoliths (n= 441) were transversally sectioned for estimating ages by counting of alternate opaque and translucent bands. Sections of 0.2 – 0.3 mm width were obtained through the nucleus with a low speed rotary saw. Images of the sections were analyzed under a binocular microscope with reflected light (x10 magnification) with a resolution of 2048 x 1536 pixels. The distances between the focus and the end of the opaque bands were measured. Free software ImageJ 1.47 (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA) was used for measurements.

The microstructure of 52 otoliths of specimens measuring 46-231 mm TL, were examined to the daily growth increments counting. Cross-sections of 0.15 to 0.2 mm width were progressively polished with 1500 to 12000 grit silicon carbide sandpaper (Silicom Carbide Paper, Micro-Mesh, Wilton, Iowa ¹) and alumina (MasterPrep ® Polishing Suspension 0.05 micron, Buehler, Deutschland) and etching with 2% HCl in volume up to 60 seconds when it was necessary.

¹ Mention of trade names or commercial companies is for identification purposes only and does not imply endorsement by the National Marine Fisheries Service, NOAA.

Sections were mounted on slides with synthetic resin (Entellan @ Merck, Darmstadt, Germany) and examined under compound light microscope Olympus CX41 (x 400 magnification). Growth increments were counted between the focus in the central core and the outer edge of the otolith along the ventral axis (Fig. 1). After a series of preliminary readings to establish criteria, two independent readers examined all otoliths. Otoliths with discrepancies of up to one band were reexamined and removed from analysis if disagreement persisted. Numbers of daily growth increments were also compared between readers; a third reading was made if the first two differed by > 10%. If the discrepancy persisted, the otolith was discarded.

The last readings were considered for posterior analysis. The mean coefficient of variation (CV) were used to evaluate the precision of readings (Campana and Jones, 1992):

$$CV_j = 100\% * \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij} - X_j)^2}{R - 1}}}{X_j}$$

where CV_j is the age precision estimate for the j^{th} fish; X_{ij} is the age determination of the j^{th} fish by the i^{th} reader; $\bar{X}_j$ is the mean age of j^{th} fish and R is the number of readings.

The periodicity of the formation of opaque and translucent bands on the edge of the otoliths was evaluated by counting monthly opaque and translucent edges on the sections of the otoliths. The marginal increment index (MI) was calculated as the quotient between the distance from the nucleus to the end of the last opaque band (R_n) and the distance from the nucleus to the edge (R_t) for each specimen (Campana, 2001).

Regressions were compared with Covariance Analysis (ANCOVA) and monthly means of MI and the percentage of opaque edges with a one-way analysis of variance were compared with (ANOVA) and post-hoc Tukey tests (Zar, 1984).

A potential regression models provided the best fit for the relationship between total length (TL) of the fishes and the distance from the focus to the edges (R_t) of the otolith sections:

$$TL_{\text{males}} = 135.23 R_t^{1.23} \quad (r = 0.950, n = 136)$$

$$TL_{\text{females}} = 138.18 R_t^{1.27} \quad (r = 0.954, n = 314).$$

Otoliths radius were larger for females (ANCOVA: $F = 24.67$; $P < 0.005$). Individual total length at the time of the formation of the i^{th} opaque band was back-calculates as:

$$TLi_{\text{males}} = TL * Ri^{1.23} / R_t^{1.23}$$

$$TLi_{\text{females}} = TL * Ri^{1.27} / R_t^{1.27}$$

where R_i is the distance from the nucleus to the end of the of the i^{th} opaque band on the sections of the otoliths.

The von Bertalanffy (VB) growth model was fitted to describe the growth;

$$TL = TL_{\infty} (1 - \exp^{-K(t - t_0)})$$

where TL is the length (mm) at age t (years), TL_{∞} is the asymptotic length (mm), k is the instantaneous growth coefficient and t_0 is the theoretical age at zero length (years).

Due to the difficulty to annuli validation in previous studies in *U. brasiliensis* otoliths we used a new alternative approach to calculate its growth parameters: combining daily growth increments and assuming a fixed value of TL_{∞} . To test this approach, we compare the posterior distributions of the k parameters calculated separately with annuli and with daily increments and a fixed TL_{∞} for two species with validated ageing (white croaker *Micropogonias furnieri* [Haimovici and Ignácio, 2005; Cavole, 2011] and the king weakfish *Macrodon atricauda* [Cardoso and Haimovici, 2011; Almeida, 2010]). The lack of statistically significant differences between k calculated with different data sources (annual and daily) for each sex and each species was assumed as a good performance of the alternative approach.

The white croaker *Micropogonias furnieri* attains up to 35 years (Cotrina and Lasta, 1986; Schwingel and Castello, 1990; Haimovici and Unpierre, 1996) and the daily formation of increments in the otolith of juveniles between 35 and 275 mm were experimentally validated by an oxytetracycline marking (Cavole, 2011). For *Macrodon atricauda*, Cardoso and Haimovici (2011) counted up to 7 opaque bands and validated the annual periodicity in their formation. Almeida (2010) recorded between 127 and 371 increments in thin sections of otoliths of 26 juveniles between 45 and 200-mm-TL. Its daily formation was indirectly validated by comparing the back-calculated lengths of juveniles with 250-350 increments with the back-calculated length at age 1. Back-calculated birthdates also fell within the reproductive season of the species.

Posterior distributions of the parameters t_0 , k and its credibility intervals (95%) were calculated for fixed values of TL_∞ . The choice of TL_∞ was based on the length composition in commercial landings of a poor selective fishing gear in relation to the maximum size (e.g., trawling net), the proportions of sexes by 10-mm-TL size classes and the TL_{50} . The TL_∞ was the size corresponding to the upper limit of the size class that contains between 95 and 99% of the mature specimens for each sex and each species (Fig. 2).

The VB growth model was adjusted using Bayesian inference (Kinas and Andrade, 2010). To describe the model, we first assumed that the age-length data (or the number of bands-length data for brazilian codling) followed a log-normal distribution: $y_i = \log N(\mu_i, \sigma^2)$, where y_i is the length distribution with an average expected length at an age class (or band class) i with variance σ^2 . A logarithmic version of the von Bertalanffy equation was used for computational convenience:

$$\mu_i = \log(TL_\infty) + \log(1 - e^{-k(i-t_0)})$$

Uninformative priors were constructed and restricted to positive numbers:

$$p(\log k) \sim dN(0, 0.001) I(-5, 5)$$

$$p(t_0) \sim dU(-3, 0)$$

$$p(\sigma) \sim dU(0, 5)$$

The MCMC simulation using a joint posterior distribution provided a chain of 31,000 samples. The first 10,000 steps (“burn in”) were rejected to eliminate the autocorrelation, and the subsequent 20,000 were thinned at a rate of 2. The posterior mean and credibility intervals (2.5% and 97.5%) were calculated for the 10,500 remaining samples.

To assess the sensitivity in the estimation of k to under and overestimation of daily increment counts, we repeated the modeling for each specimen considering the number of increments 10, 30 and 50% +/- than those observed. Assuming that the TL_{∞} values were arbitrarily determined in a certain way, we also tested the sensitivity of the estimated values for the parameter k to the values 5, and 10% +/- the values TL_{∞} assumed.

In addition, the Laird- Gompertz growth model was fitted to the length and daily increment counts of juveniles (Laird et al. 1965);

$$TL = TL_{\infty} \exp[-k \exp(-GX)],$$

where TL is the length of fish (mm); TL_{∞} is the asymptotic length (mm); k is a dimensionless parameter, G is the instantaneous rate of growth at age X_0 , X is the number of daily increment count.

RESULTS

Reproductive characteristics

Gonads of 384 females between 133 and 582 mm TL, and 123 males between 151 and 379 mm TL were analyzed. Mature females were observed along all the sampling period. Females larger than 360 mm ($n = 250$) in advanced stages of maturation predominated in all months except March (Fig. 3C). Mature males larger than 270 mm ($n = 91$) predominated in all months, except July and November (Fig. 3D).

The presence of oocytes of different diameters and stages of vitellogenesis characterize multiple spawns in *U. brasiliensis* (Fig. 3). Monthly mean GSI were highly variable; average values lower than 1.0 were recorded in January, March, April, June

and July and higher values in February, May, August, October and November (Fig. 3B). Monthly mean GSI did not differ significantly among months (ANOVA: $F = 1.84$, $P = 0.067$). These results indicate that the species reproduces year round in southern Brazil without showing a marked seasonality.

The average length at first maturity TL_{50} of females was estimated at 402.8 mm with a 95% credibility interval from 392.4 to 412.5 mm and at 296.8 mm in males with a credibility interval of 275.4 to 318.1 mm (Fig. 4, A and B).

Age estimated from the macrostructure of otoliths

Otolith section of 104 males measuring between 231 and 379-mm-TL and 279 females measuring 227 and 600-mm-TL were examined (Table 1). A large opaque region corresponding to the core, frequently interrupted by well-defined thin translucent rings was observed on the sections (Fig. 1, A and B). The following alternate wider translucent and opaque bands were counted along the ventral axis of the otolith. The largest female sampled has 600 mm TL and twelve bands were counted in its otoliths, while the largest male recorded is just 379 mm TL and exhibited seven band in its otolith (Table 1). The average back-calculated length of females ranged between 156 mm at the onset of the 1st band to 574 mm at the 12th band, and of males ranged between 150 mm at 1st band to 338 mm at the 7th band.

Both translucent and opaque edges were observed in sections of otoliths in all months except August, where 100% of the edges were opaque (Fig. 5B). An ANOVA showed heterogeneity throughout the year ($F = 24.10$, $P < 0.005$). The monthly proportion of specimens with opaque edges was 73% to 100% from June to October while ranged from 16% to 45% from November to May suggesting an annual cycle in the type of edges formation (Fig. 5B). Monthly mean marginal increments (MI) were

low from November to March and had the higher values between June and August (Fig. 5). MI differed significantly between months (ANOVA: $F = 6.39$, $P < 0.005$), and although Tukey tests showed that significant differences between months, these did not present a seasonal pattern set. The CV between successive readings of one reader was 13.8% and between readers was 15.5%. These values were relatively high and showed the great difficulties to reproduce the readings on otoliths of *Urophycis brasiliensis*.

Age determined from the microstructure of otoliths

Thin sections of otoliths of 52 specimens showed a clear concentric pattern of growth increment zones from the first discernible increments (“first feeding check-FFC”) to the edge, that are assumed to be daily growth increments (Fig. 6, A and C). We counted from 50 to 285 microincrements in specimens of 45 and 210 mm TL, respectively (Fig. 6D). The CV between readers was low (5.25%), showing consistence between readings.

The central zone (CZ) of the otolith sections were more or less blurred. From the FFC, 36-65 increments appeared with a progressively wider pattern until the edge of a thin translucent band (TTB), visible in both macro and microstructure (Fig. 6, A and C). Back-calculated mean length at the formation of TTB in larger specimens was on average 47 mm. No differences between sexes ($F = 0.084$, $P = 0.77$) or size classes ($F = 0.957$, $P = 0.54$) was observed. This TTB was associated to the transition from pelagic to demersal habitat and it is called settlement check or demersal check in literature (Arneri and Morale-Nin, 2000; Casas and Piñeiro, 2000). Coincidentally, the smallest specimen examined measured 46-mm-TL and showed 50 increments and a well-defined translucent zone forming at the edge of the otolith (Fig. 1D). From TTB onwards increments are regular with occasional variations in thickness, becoming narrower in the edge of sections.

Birthdates were estimated for each individual by subtracting the increment count from the date of capture. Assuming that the increments formed with a daily periodicity, the back-calculated birthdates would be distributed throughout the year (Fig. 6B), as expected if spawning occurred all along the year (Fig. 3, B and C).

Weight-Length Relationship

An ANCOVA test for the relationship between the logarithms of total weight (W) and total length (TL) showed no significant differences between sexes ($F = 0.02$, $P = 0.9025$). The relationship between total weight (W) and total length (TL) of both pooled sexes adjusted on a potential model were:

$$W_{\text{pooled_sexes}} = 5.78 \times 10^{-6} \times TL^{3.06} \quad (r = 0.98, n = 446)$$

Alternative approach to obtain the von Bertalanffy's growth parameters

The TL_{∞} were inferred for each sex from the length structure of landings and TL_{50} (Table 2). The TL_{∞} were 380 mm for males and 580 mm for females for *Urophycis brasiliensis*, (Fig. 2, A and B), 650 mm for males and 700 mm for females for *Micropogonias furnieri* (Fig. 2, C and D) and 360 mm for males and 430 mm for females for *Macrodon atricauda* (Fig. 2, E and F).

The VB equations adjusted to the number of opaque bands (macrostructure) and total length of *Urophycis brasiliensis* were (Fig. 7, A and B; Tabel 2):

$$\text{Females} \quad TLt = 580 (1 - \exp^{-0.18(t+0.44)})$$

$$\text{Males} \quad TLt = 380 (1 - \exp^{-0.24(t+1.94)})$$

and those adjusted to daily growth increments (microstructure) of juveniles were (Fig. 7, A and B; Table 2):

$$\text{Females} \quad TLt = 580 (1 - \exp^{-0.71(t+0.01)})$$

$$\text{Males} \quad TLt = 380 (1 - \exp^{-1.19(t+0.01)})$$

The values of t_0 fitted to the data of the microstructure were closer to zero. The model derived from the microstructure (Fig. 7, A and B) showed an initially fast growing and that 95% of TL_{∞} would be reached with 2.5 years by males and 4.2 years for females. From this model the age at first sexual maturity (A_{50}) estimated from the TL_{50} credibility intervals were between 1.1 and 1.5 years for males and between 1.6 and 1.8 years for females. In contrast, the growth model fitted to the data of the macrostructure showed an initially slow growing and that 95% of TL_{∞} would be reached with 10.6 years for males and 16.3 years for females. From this model the first maturity was achieved with 4.5 years for males and 6.0 years for females. The estimated values of k for males inferred from the daily growth increments counting in juveniles were nearly five times higher than those calculated from the opaque bands in adults, and for females were almost four times higher (Fig. 7, A and B; Table 2) without overlapping intervals credibility (Fig 8, A and B).

The VB equations based in annuli counts on otoliths of *Micropogonias furnieri* were (Fig. 7, C and D; Table 2):

$$\text{Females} \quad TLt = 700 (1 - \exp^{-0.27(t+0.03)})$$

$$\text{Males} \quad TLt = 650 (1 - \exp^{-0.31(t+0.09)})$$

and those calculated based in daily growth increment of juveniles were (Fig. 7, C and D; Table 2):

$$\text{Females} \quad TLt = 700 (1 - \exp^{-0.29(t+0.08)})$$

$$\text{Males} \quad TLt = 650 (1 - \exp^{-0.32(t+0.07)})$$

Differences of the k parameter estimates were 8% for females and 6% for males and there was total overlap of credibility intervals (Fig. 8, C and D).

The VB equations based in annuli counts on otoliths of *Macrodon atricauda* were (Fig. 7, E and F, Table 2):

$$\text{Females} \quad TLt = 430 (1 - \exp^{-0.53(t+0.05)})$$

$$\text{Males} \quad TLt = 360 (1 - \exp^{-0.63(t+0.05)})$$

and those calculated based in daily growth increment of juveniles were (Fig. 7, E and F; Table 2):

$$\text{Females} \quad TLt = 430 (1 - \exp^{-0.47(t+0.02)})$$

$$\text{Males} \quad TLt = 360 (1 - \exp^{-0.58(t+0.02)})$$

The differences of the k parameter estimates were 11% for females and 8% for males and there was partial overlap of the credibility intervals (Fig. 8, E and F).

The sensitivity analysis showed that the underestimation of the number of daily increments counts lead to higher errors in the estimation of k than overestimation (Fig. 8). It also showed for the three species that k credibility intervals with errors less than 10% overlap partially with those considered without error (Fig. 8). Therefore, the proposed approach requires precise counts of daily growth increments. In addition, the sensitivity test for possible errors associated with the choice of TL_{∞} showed that overestimations or underestimations of up to 5% of the value of TL_{∞} assumed did not result in significant errors in the estimate of k for any of the three species (Fig. 9).

Juvenile Growth

Length-age data of juvenile *U. brasiliensis* were fitted to the Laird-Gompertz model:

$$TL\ mm = 235e^{-3.26e^{-0.014\ dias}}, (r = 0.90, n=52)$$

According to this model, the average daily growth rate was 0.85 mm between 50 and 285 days of life, suggesting an approximately linear and extremely fast growth of juvenile life stage of the species (Fig.6D).

DISCUSSION

In this article, we improve the understanding of the reproductive biology, age and growth of the brazilian codling *Urophycis brasiliensis* in the southern of Brazil.

The presence of maturing females was observed in samples from all seasons and indicate that brazilian codling spawning throughout the year in the region (Fig .3, A, B and C). The lack of seasonality in reproduction is not typical of subtropical marine fish from southern Brazil. In this region, most bony fishes of commercial interest are multiple spawning over several months between spring and autumn. As instance, it occurs with *Umbrina canosai* (Haimovici and Cousin, 1989), *Micropogonias furnieri* (Haimovici and Ignácio, 2006), *Trichiurus lepturus* (Martins and Haimovici, 1997), *Macrodon atricauda* (Cardoso and Haimovici, 2014), *Paralichthys. orbignyanus* (Silveira et al. 1995) and the congeneric *U. mystacea* found in in the upper slope (Haimovici et al., 2006).

The growth of juvenile inferred by microstructure analysis showed a consistent pattern but the daily periodicity has not been validated. Indirect validation following the increment numbers of representative samples along known periods (Geffen, 1992) was not possible for *U. brasiliensis* due to the lack of seasonality in the reproduction and the low abundance of juveniles in the landings. However, it was done for *Merluccius merluccius* by Morales-Nin, (1998) that show an increment pattern similar to the one observed by us.

The growth rate for *U. brasiliensis* juveniles (0.85 mm day^{-1} , 46 -231 mm TL) was lower than the rate for *Urophycis tenuis* juveniles (0.99 mm day^{-1} , 40 - 190 mm TL) in coast of New England (Lang et al. 1996). This difference was expected, since *U. tenuis* attains larger sizes than *U. brasiliensis*. These rates are also within the range observed for other Gadiformes, as some species of hake (e.g. 0.73 to 1.11 day^{-1} for the Pacific hake, *Merluccius productus* (Woodbury et al. 1995)). Furthermore, the back-calculated length at the distance from the nucleus to the demersal check (47 mm, 36 - 65 increments) of *U. brasiliensis*, that attains approximately 600 mm of maximum length, is in agreement with other species of the genus. For *Urophycis tenuis*, that reaches a maximum length of 1360 mm (Clay and Clay, 1991), the back-calculated length at the demersal check were between 70 - 104 mm TL (59 - 73 days) (Lang et al., 1996), and for *Urophycis chuss*, between 35 - 40 mm (Able and Fahay, 1998) with a maximum length at 630 mm (Derry, 1988).

Gadiformes, such as brazilian codling, are difficult to age (Dery, 1988, Clay and Clay, 1991; Morales Nin, 2000). Recent tag-recapture studies in this family showed that methods of ageing by counting alternate opaque and translucent bands, previously considered annual, may be overestimating ages and underestimating growth (Kacher and Amara, 2005; de Pontual et al., 2006; Piñeiro et al, 2007;. 2008; Mellon-Duval et al., 2010).

Ageing larger brazilian codling proved to be labored and difficult. Despite the edge type analysis had first suggested an annual periodicity of the opaque bands, there are strong reason to doubt of it. The number of opaque bands corresponding to the length at first maturity were very high: 4,5 for males and 6 for females, when compared with congeneric species (Table 3). Hutchings (1993) inferred that increased juvenile growth rate favors high effort and early reproduction. Microstructure interpretation in brazilian codling suggests a fast initial growth of young of the year, and an early

$A_{50 \text{ females}}$ (1.6-1.8 yrs) and $A_{50 \text{ males}}$ (1.1-1.5 yrs), as found in other species of Phycidae (O'Brien, 1993).

The lack of correspondence between growth estimated from juvenile growth increments and adult bands of *U. brasiliensis* contrasts with the strong correspondence between the VB curves of *Macrodon atricauda* and *Micropogonias furnieri*, for which daily and annual increment formation were both validated.

Facing the uncertainty in the age estimation of larger *U. brasiliensis* by counting alternate opaque and translucent bands, we propose an approach based on daily growth increments to provide a reasonable first approximation in the understanding of the life trajectory of *U. brasiliensis* in southern Brazil. The strong correspondence between the VB curves calculated with validated age determination at daily and annual scale for two species (*Micropogonias furnieri* and *Macrodon atricauda*) support our approach based on the microstructure interpretation. However, the usefulness of this approach requires an accurate ageing and an educated guess on the TL_{∞} . The sensibility analysis showed that, for real estimations of k growth parameter, the model do not support errors higher than 10% in the readings of daily increments, and errors higher than 5% on the TL_{∞} assumption. This approach also provides a new framework for the development of an alternative method of age estimation in species with complex pattern of bands deposition.

Literature cited

Able, K. W., and M. P. Fahay.

1998. The first year in the life of estuarine fishes in the Middle Atlantic Bight.

Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ. 342 p.

Acuña, A. A. P.

2000. Reprodución, alimentación y crecimiento de *Urophycis brasiliensis* (Kaup 1858) (Pisces Phycidae) em la costa urugauaya. Ph.D. diss., 197 p. Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Montevideo, Uruguay.

Almeida, M. S.

2011. Crescimento no primeiro ano de vida da pescadinha *Macrodon ancylodon* (Bloch and Schneider 1801) do extremo sul do Brasil. Thesis presented for the degree of Biologist, 25 p. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil.

Andrade, H. A., M. Duarte Pereira, and J. L. Abreu-Silva.

2004. Idade e crescimento da abrótea (*Urophycis brasiliensis*) capturada no sul do Brasil. Notas Téc. FACIMAR. 8:107-117.

Andrade, H. A., S. H. B. Lucato, and G. S. Soares.

2005. *Urophycis brasiliensis* (Kaup, 1858) p. 167-173. In: Cergole, M. C.; Ávila-da-silva, A. O. and Rossi-Wongtschowski, C. L. D. B. (eds.). Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração: Série Documentos Revizee - Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico – USP. 176 p.

Arneri, E., and B. Morales-Nin.

2000. Aspects of the early life history of European hake from the central Adriatic. J. Fish. Biol. 56:1368-1380.

Campana, S. E., and C. M. Jones.

1992. Analysis of otolith microstructure data. In. D.K.Stevenson and S.E.Campana (Eds.) Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117:73-100.

Campana, S. E.

2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. J. Fish. Biol. 59:197-242.

Campana, S. E.

2005. Otolith science entering the 21st century. Marine and freshwater Research. 56:485-495.

Cardoso, L. G., and M. Haimovici.

2011. Age and changes in growth of the king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) between 1977 and 2009 in the southern Brazil. Fish. Res. 111(3):177-187.

2014. Long term changes in the sexual maturity and in the reproductive biomass of the southern king weakfish *Macrodon atricauda* (Günther, 1880) in southern Brazil. Fish. Res. (2014). <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.05.012>

Casas, J. M., and C. Piñeiro.

2000. Growth and age estimation of greater forbeard (*Phycis blennoides* Brunnich, 1768) in the north and northwest of the Iberian Peninsula (ICES Division VIIIc and IXa). Fish. Res. 47:19 -25.

Cavole, L. M.

2011. O crescimento dos juvenis de corvina *Micropogonias furnieri* (Dermarest 1823) entre diferentes ambientes do sul do Brasil. Thesis presented for the degree of Oceanographer, 35 p. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Brasil.

Clay, D. and H. Clay.

1991. Determination of Age and Growth of White Hake (*Urophycis tenuis* Mitchell) from the Southern Gulf of St. Lawrence, Canada (including techniques for commercial sampling). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1828, 35 p.

Cotrina, C. P. and C. Lasta.

1986. Estudio preliminar de la determinación de edad en la corvina
(*Micropogonias furnieri*). Publ. Com. Téc. Mix. Fr. Mar. Vol. 1 (2):311-318.

Cousseau, M. B.

1993. Las espécies del Ordem Gadiformes del Atlántico Sudamericano
compreendido entre 34° y 35° S y su relación con las de otras áreas. Fr. Mar. 13
A (1):31-39.

De Pontual, L. H., A. L. Groison, C. Piñeiro., and M. Bertignac.

2006. Evidence of underestimation of European hake growth in the Bay of Biscay,
and its relationship with bias in the agreed method of age estimation. ICES
J. Mar. Sci. 63: 1674-1681.

Dery, L. M.

1988. Red Hake, *Urophycis chuss*. In: Penttila, J. and L.M. Dery (eds.). Age
Determination Methods for Northwest Atlantic Species. NOAA Tech. Rep.
NMFS 72:49-57.

Figueiredo, J. L. and N. Menezes.

1978. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. II. Teleostei (1). Museu
de Zoologia da Universidade de São Paulo, Vol II: Teleostei (1):44-45.

Geffen, A. J.

1992. Validation of otolith increment deposition rate. Can. Spec. Publ. Fish.
Aquat. Sci. 117:101-113.

Gelman, A., J. B. Carlin, H. S. Stern, and D. B. Rubin.

2003. Bayesian Data Analysis, Second Edition, Chapman and Hall/CRC Texts in
Statistical Science. Florida, USA.

Goldstein, H. E.

1988. Estudios comparativos de los hábitos alimentarios y de los nichos tróficos de dos peces costeiros- la brotola (*Urophycis brasiliensis*) y el mero (*Acanthistius brasiliensis*). Publ. Com. Tec. Mista Frente Marit. Argent-Urug.4:89-98.

Haimovici, M. and J. C. B. Cousin.

1989. Reproductive biology of the castanha *Umbrina canosai* (Pisces, Scianidae) in Southern Brazil. Rev. Brasil. Biol., Rio de Janeiro. 49:523-537.

Haimovici, M. and R. G. Umpierre.

1996. Variaciones estacionales en la estructura poblacional y cambios de crecimiento de la corvina *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) en el extremo sur de Brasil. Atlântica 18:179-202.

Haimovici, M., A. Silva Martins, and P. Castelli Vieira.

1996. Distribuição e abundância de peixes teleósteos demersais sobre a plataforma continental do sul do Brasil. Rev. Bras. Biol. 56 (1):27-50.

Haimovici, M. and J. M. Ignácio.

2005. *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823). In: Cergole, M. C.; Ávila-da-Silva, A. O.; Wongtschowski, C. L. D. B. R. Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração. Série Documentos Revizee-Score Sul, IOUSP:101-107.

Haimovici, M., C. L. D. B. R. Wongtschowski, R. A. Bernardes, L. G. Fischer, C. M.

Vooren, R. A. Santos, and A. R. Rodrigues, S. Santos.

2008. Prospeção pesqueira de espécies demersais com rede de arrasto-de-fundo na região Sudeste-Sul do Brasil. Série Documentos REVIZEE - Score Sul, IO-USP, 183p.

He, J. X., and D. J. Stewart.

2001. Age and size at first reproduction of fishes: predictive models based only on growth trajectories. *Ecology*. 82(3):784-791.

Hutchings, J. A.

1993. Adaptive life histories effected by age-specific survival and growth rate. *Ecology (USA)*, 74 (3):673-684.

2002. Life histories if fish. *In Handbook of fish biology and fisheries*, vol 2 (J. B. Paul and J. D. Reynolds, eds), p. 149- 174. Blackwell Publishing.

Kacher, M., and R. Amara.

2005. Distribution and growth of 0-group European hake in the Bay of Biscay and Celtic Sea: a spatial and inter-annual analysis. *Fish. Res.*, 71:373e378.

Kinas, P. G. and H. A. Andrade.

2010. Introdução à Análise Bayesiana (com R). MaisQNada, Porto Alegre, 258 p.

Lang, K. L., F. P. Almeida, G. R. Bolz and M.P. Fahay.

1996. The use of otolith microstructure in resolving issues of first year growth and spawning seasonality of white hake, *Urophycis tenuis*, in the Gulf of Maine-Georges Bank region. *Fish. Bull. (U.S.)* 94:170-175.

Laird, A. K., S. A. Tyler, and A. D. Barton.

1965. Dynamics of normal growth. *Growth*. 29:233-248.

Martins, A. S., and M. Haimovici.

1997. Distribution, abundance and biological interactions of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Southern Brazil Subtropical Convergence Ecosystem. *Fish. Res.* 30:217- 227.

Martins, R. S. and M. Haimovici.

2000. Determinação de idade, crescimento e longevidade da abrótea de profundidade, *Urophycis cirrata*, Goode and Bean, 1896, (Teleostei: Phycidae) no extremo sul do Brasil. *Atlantica*. 22: 57-70.
- Mellon-duval, C., H. de Pontual, L. Métral and L. Quemener.
2010. Growth of European hake (*Merluccius merluccius*) in the Gulf of Lions based on conventional tagging. – *ICES J. Mar. Sci.* 67:62–70.
- Morales-Nin, B., G. J. Torres, A. Lombarte, L. Recasens.
1998. Otolith growth and age estimation in the European hake. *J. Fish. Biol.* 53:1155–1168.
- Morales-Nin, B., and J. Panfili.
2002. Age estimation. In *Manual of Fish Sclerochronology* (Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H. and Wright, P. J., eds), pp. 91-99. Brest: Ifremer-IRD Coedition.
- O'Brien, L., J. Burnett, and R.K. Mayo.
1993. Maturation of nineteen species of finfish off the northeast coast of the United States, 1985-1990. NOAA Tech. Rep. NMFS-113, 66 p.
- Piñeiro, C., J. Rey, H. de Pontual, and R. Goñi.
2007. Tag and recapture of European hake (*Merluccius merluccius* L.) off the Northwest Iberian Peninsula: first results support fast growth hypothesis. *Fish. Res.* 88:150–154.
- Piñeiro, C., J. Rey, H. de Pontual, and A. Garcia.
2008. Growth of Northwest Iberian juvenile hake estimated by combining sagittal and transversal otolith microstructure analyses. *Fish. Res.* 93:173–178.
- Schwingel, P.R., and J. P. Castello.
1990. Validación de la edad y crecimiento de la corvina *Micropogonias furnieri* en el sur de Brasil. *Frente Marit. (Montevideo)* 7:19-24.
- Silveira, M. P. M., J. C. B. Cousin, and M. Haimovici.

1995. Estrutura ovária e testicular do linguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839), Atlântica 17:135-152.
- Stevenson, D. K., and S. E. Campana (ed.)
1992. Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117-125.
- Sturtz, S., U. Ligges, and Q. Gelman.
2005. R2WinBUGS: A Package for Running WinBUGS from R. Journal of Statistical Software.12 (3):1-16.
- Thomas, A., B. O'Hara, U. Ligges, and S. Sturtz..
2006. Making BUGS Open. R News 6 (1):12-17.
- West, G. 1990. Methods of Assessing Ovarian development in Fishes: a Review. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 41(2):199 – 222.
- Zar, J. H.
1984. Bioestatistical Analysis. Second ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. NJ. Prentice-Hall. 918 p.

1 **TABLES**

2

3 **Table 1.** Length-number of opaque band keys for female and male brazilian codling fish in the Southern Brazil. Numbers in the centre of the table
 4 corresponds to the number of specimens within each length class of total length (TL) in the different opaque band classes. *n* is the total number of
 5 individuals in each length class.

Length classes TL (mm)	Females												Males						
	<i>n</i>	Opaque Band classes											<i>n</i>	Opaque Band classes					
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		2	3	4	5	6	7
210 - 239	2	2											2	2					
240 - 269	15	5	7	3									21	5	14	1	1		
270 - 299	14	3	8	3									32		14	8	7	3	
300 - 329	30		6	12	9	2	1						26			7	10	7	2
330 - 359	27		2	10	10	4	1						20			7	8	3	2
360 - 389	20		2	4	6	6	2						3					2	1
390 - 419	28			3	7	7	6	4	1				-						
420 - 449	37			1	5	2	18	5	4	2			-						
450 - 479	30				4	8	12	4	2				-						
480 - 509	37				1	5	13	7	8	1	2		-						
510 - 539	20					1	3	8	5	2	1		-						
540 - 569	16					1		5	4	4	2		-						
570 - 599	2						1					1	-						
600 - 629	1											1	-						

6

7 **Table 2.** Von Bertalanffy growth parameters (t_0 and k) estimated by Bayesian fit for female and male Brazilian codling fish. The macrostructure
8 were at annual scale for *Micropogonias furnieri* and *Macrodon atricauda*, and at opaque band scale for *Urophycis brasiliensis*. Microstructure
9 were at daily scale for the three species. Parameters estimated are the posterior means; values with brackets are the 95 % probability intervals (ICr
10 95%). * opaque bands.

Species	Author	Sex	TL _∞ (mm)	Otolith Scale	Posterior mean k	ICr 95%	Posterior mean t_0	ICr 95%
<i>Micropogonias furnieri</i>	Haimovici and Ignácio (2005)	Female	700	Microstructure	0.29	[0.28 - 0.31]	-0.077	[-0.11; -0.05]
				Macrostructure	0.27	[0.27 - 0.28]	-0.033	[-0.12; -0.001]
	Cavole (2011)	Male	650	Microstructure	0.32	[0.30 - 0.35]	-0.071	[-0.10; -0.04]
				Macrostructure	0.31	[0.29 - 0.32]	-0.089	[-0.28; -0.003]
<i>Urophycis brasiliensis</i>	(This study)	Female	580	Microstructure	0.71	[0.65 - 0.75]	-0.009	[-0.03; -0.001]
				Macrostructure *	0.18	[0.17 - 0.20]	-0.441	[-0.84; -0.10]
		Male	380	Microstructure	1.19	[1.11 - 1.26]	-0.006	[-0.02; -0.001]
				Macrostructure *	0.24	[0.21 - 0.28]	-1.937	[-2.86; -1.032]
<i>Macrodon atricauda</i>	Carodoso and Haimovici (2011)	Female	430	Microstructure	0.47	[0.41 - 0.53]	-0.022	[-0.08; -0.01]
				Macrostructure	0.53	[0.50 - 0.55]	-0.052	[-0.16; -0.002]
	Almeida (2010)	Male	360	Microstructure	0.58	[0.50 - 0.66]	-0.023	[-0.09; -0.001]
				Macrostructure	0.63	[0.59 - 0.66]	-0.049	[-0.17; -0.001]

11 **Table 3.** Size (TL_{50} , cm) and age (A_{50} , years) at first maturity of *Urophycis* genus from the North Hemisphere. Range of years observed in its
12 otoliths, size range of the sample and the number of individuals sampled are specified. * O'Brien et al. (1993); ** This study.

13

Species	Area	Year	Sex	TL_{50}	Size range (cm)	A_{50}	Age range (years)	n
<i>Urophycis tenuis</i> *	Gulf of Maine-Georges Bank	1987-1989	Machos	32.7	20.3 - 52.0	1.4	1.0 - 7.0	346
<i>Urophycis tenuis</i> *	Gulf of Maine-Georges Bank	1987-1990	Fêmeas	35.1	13.6 - 68.7	1.4	1.0 - 18.0	455
<i>Urophycis chuss</i> *	Gulf of Maine-Northern Georges Bank	1985-1989	Machos	22.2	16.8 - 30.7	1.4	1.0 - 12.0	595
<i>Urophycis chuss</i> *	Gulf of Maine-Northern Georges Bank	1985-1990	Fêmeas	26.9	21.0 - 36.0	1.8	1.0 - 12.0	667
<i>Urophycis chuss</i> *	Southern Georges Bank-Middle Atlantic	1985-1991	Machos	23.8	17.8 - 33.2	1.7	1.0 - 12.0	753
<i>Urophycis chuss</i> *	Southern Georges Bank-Middle Atlantic	1985-1992	Fêmeas	25.1	19.3 - 34.1	1.8	1.0 - 10.0	1020
<i>Urophycis brasiliensis</i> **	Southern Brazil	2012-2013	Machos	29.7	15.1 - 37.9	1.2	-	123
<i>Urophycis brasiliensis</i> **	Southern Brazil	2012-2013	Fêmeas	40.2	13.3 - 58.2	1.6	-	384

14

FIGURE CAPTIONS

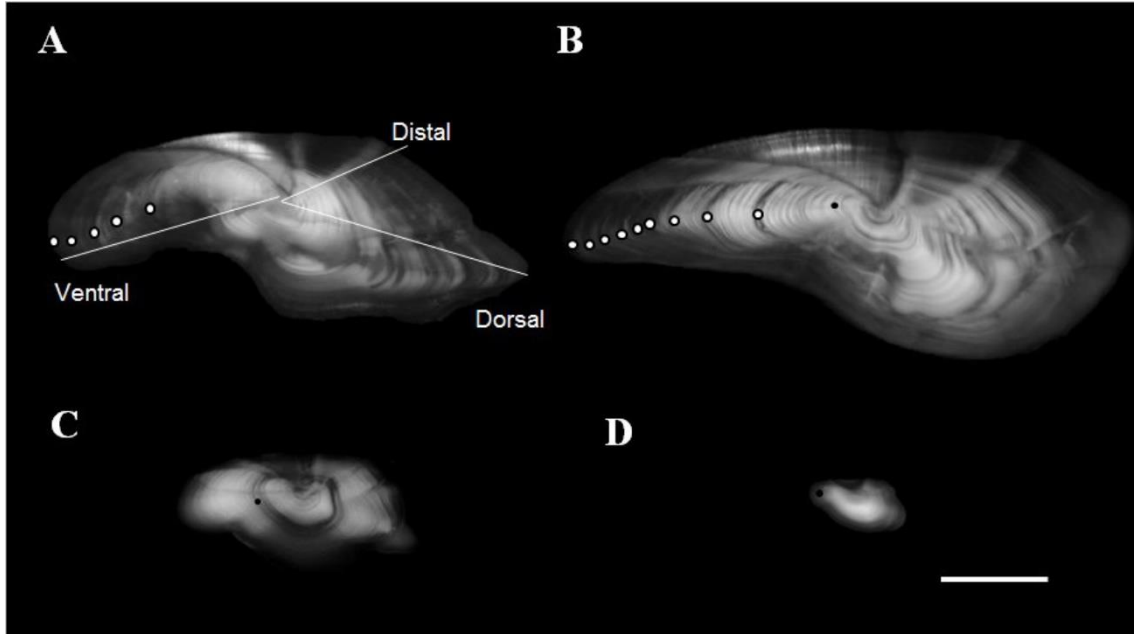


Figure 1. Transverse sections of sagittal otolith for *Urophycis brasiliensis* caught in southern Brazil, between June 2012 and July 2013. (A) Otolith section from a 385-mm 5+ band brazilian codling, with the ventral axis indicated. (B) Otolith section from a 516-mm , 9+ band brazilian codling. (C) Otolith section from a 172-mm brazilian codling with the demersal check indicated in a black dot. (D) Otolith section showing a demersal check forming on the edge.

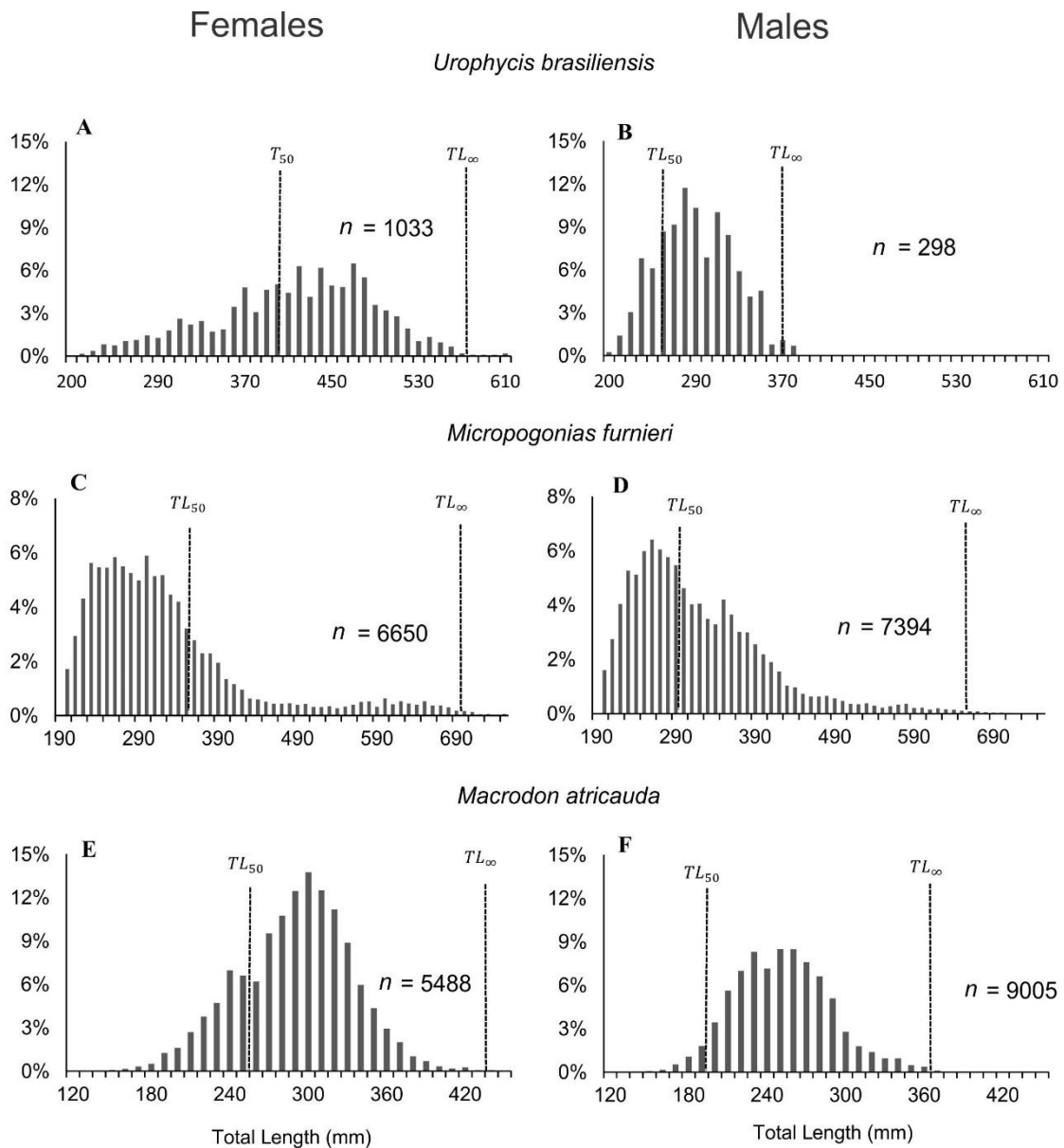


Figure 2. Mean asymptotic total length TL_{∞} estimated for (A) females *Urophycis brasiliensis*, (B) males *Urophycis brasiliensis*, (C) females *Micropogonias furnieri*, (D) males *Micropogonias furnieri*, (E) females *Macrodon atricauda* and (F) males *Macrodon atricauda*. The TL_{∞} was based on the mean length at first maturity TL_{50} and the length composition from a non-selective gear in southern Brazil.

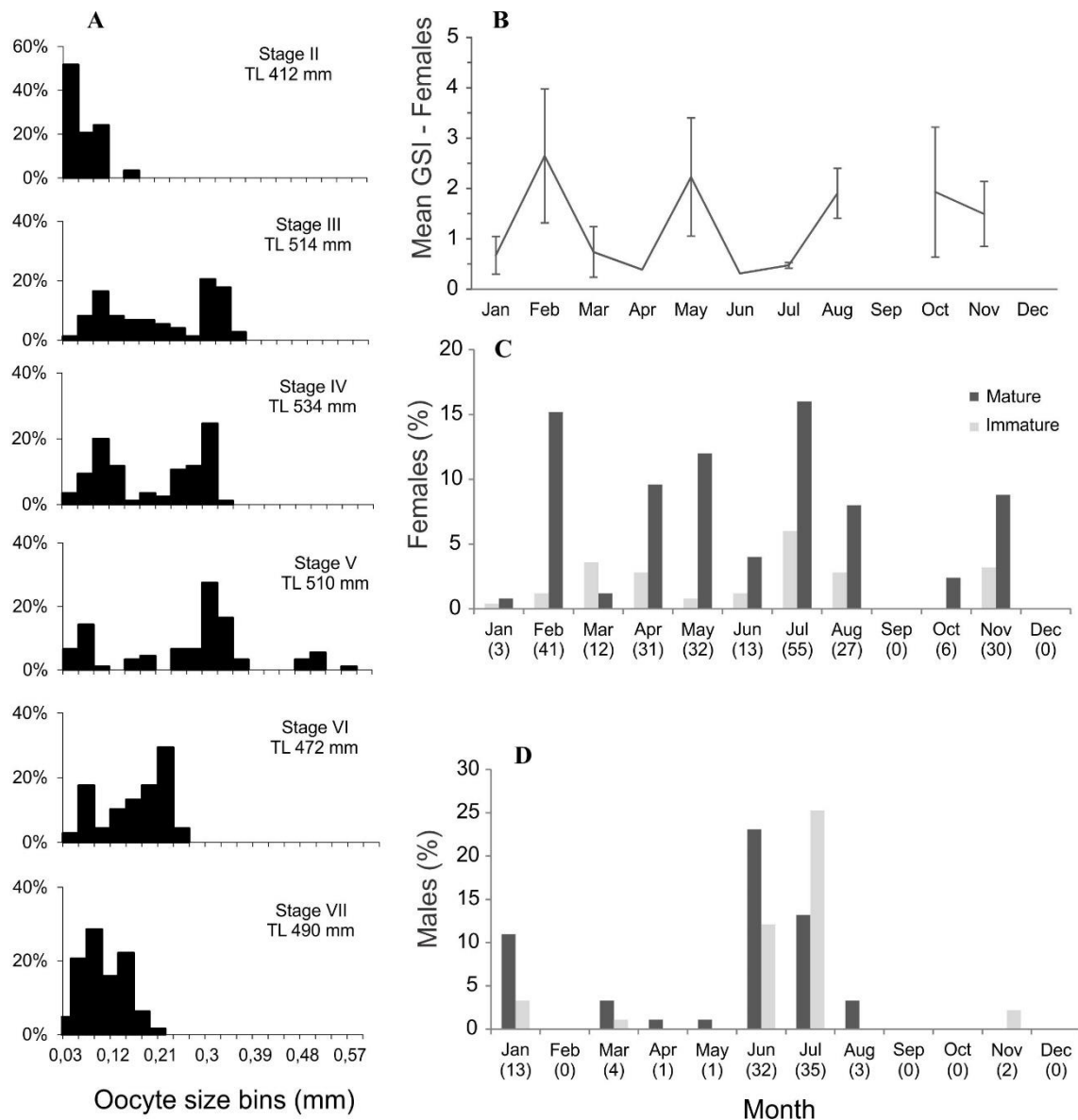


Figure 3. Reproductive biology of brazilian codling *Urophycis brasiliensis*. (A) Oocyte size bins in different maturity stages. (B) Mean values of gonadosomatic indices by month. (C) Percentage of mature and immature females. (D) Percentage of mature and immature males.

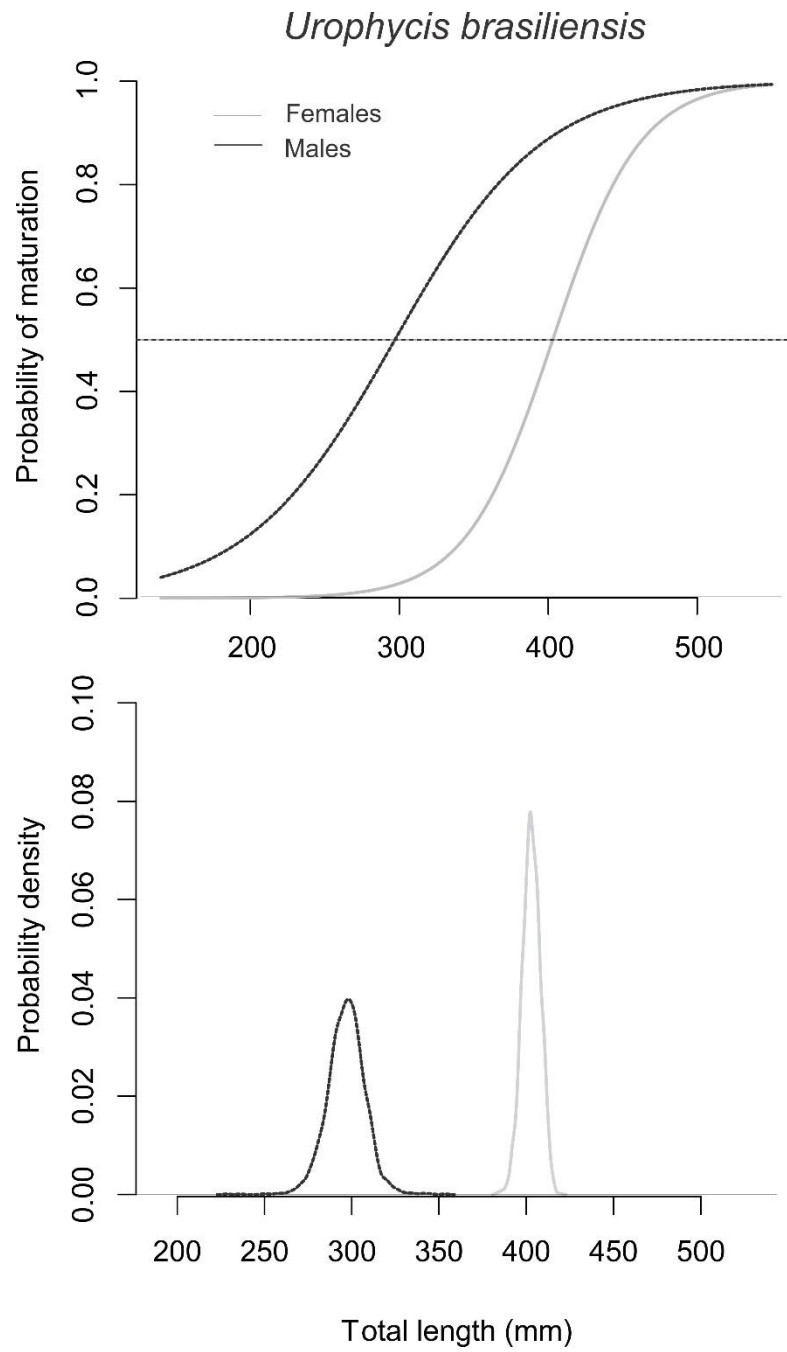


Figure 4. (A) Length maturity ogives TL_{50} and (B) posterior distribution of the estimated for females of *Urophycis brasiliensis* fished along southern Brazil between 2012 and 2013.

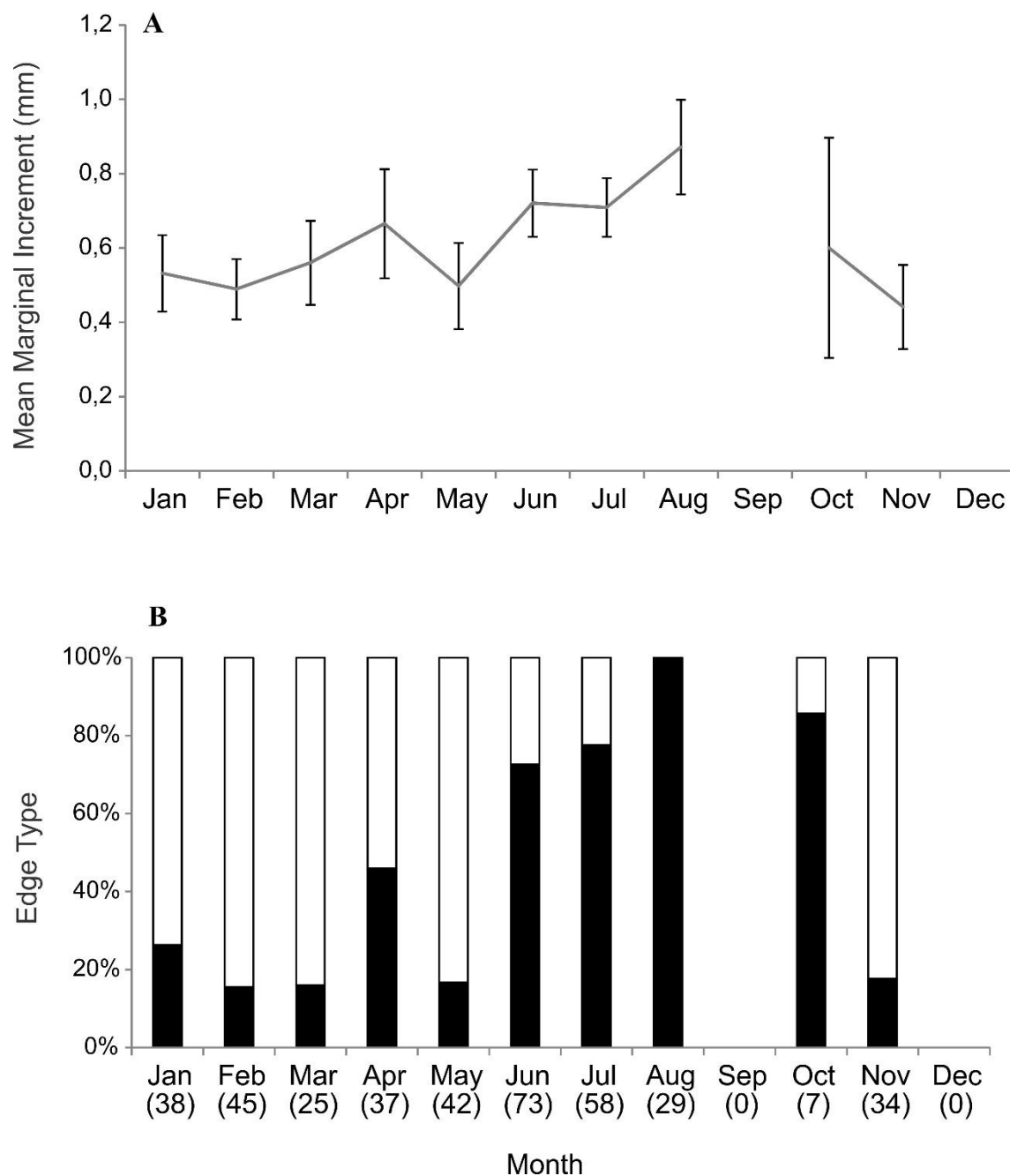


Figure 5. (A) Monthly mean marginal increment on transverse sections of sagittal otoliths *Urophycis brasiliensis*. (B) Seasonal pattern of translucent (white) and opaque (black) edges of the transverse sections of *Urophycis brasiliensis* in southern Brazil (the number of otoliths examined monthly are in brackets).

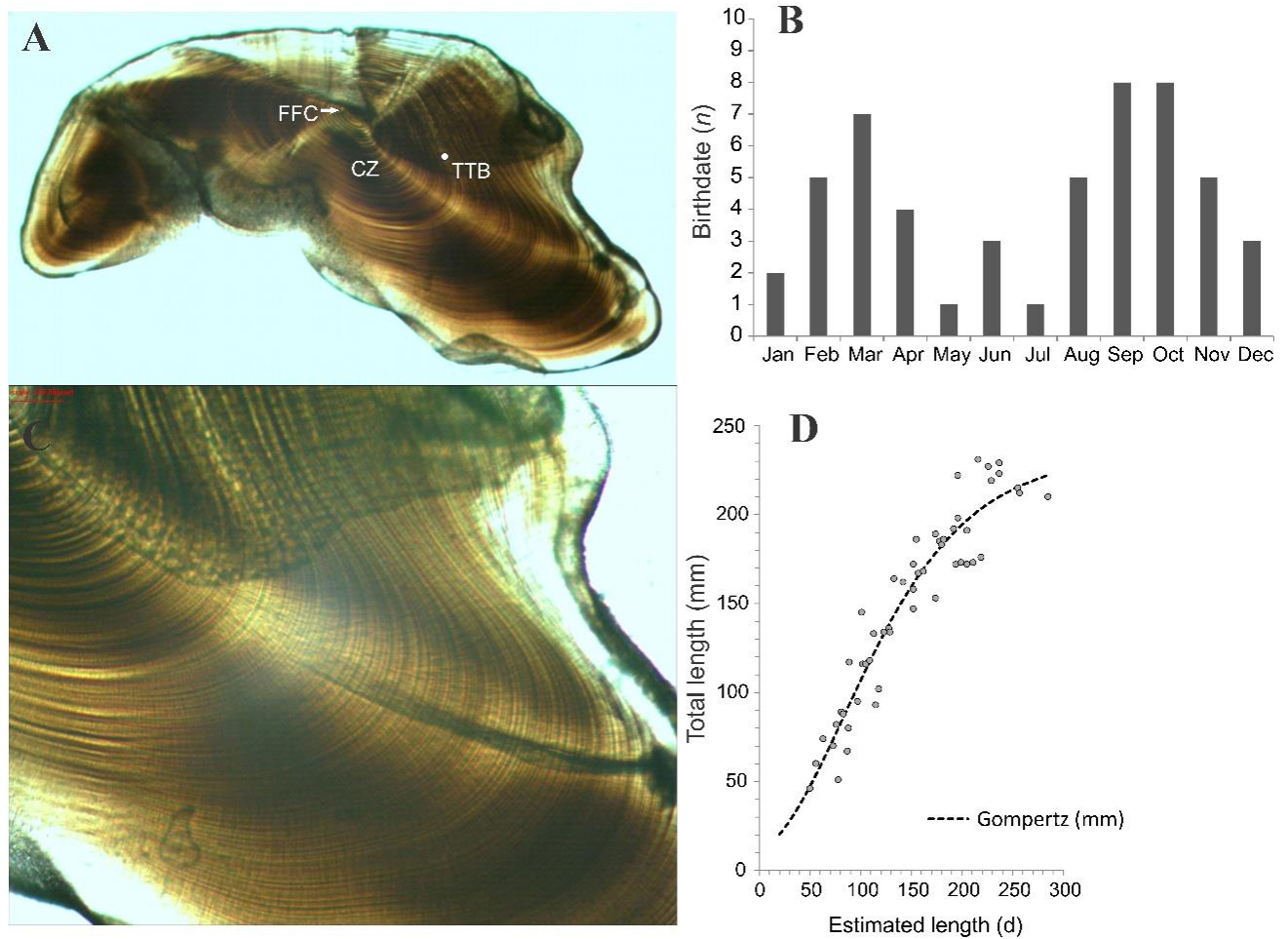


Figure 6. (A) Transverse section of sagittal otolith in a juvenile *Urophycis brasiliensis* with 176 mm of total length. The “first feeding check - FFC”, central zone - CZ and the thin translucent band - TTB are indicated. (B) Back calculated birthdate of 52 *Urophycis brasiliensis* juveniles. (C) Daily growth increments. (D) Gompertz growth curve fitted to total length vs. age data for brazilian codling *Urophycis brasiliensis*.

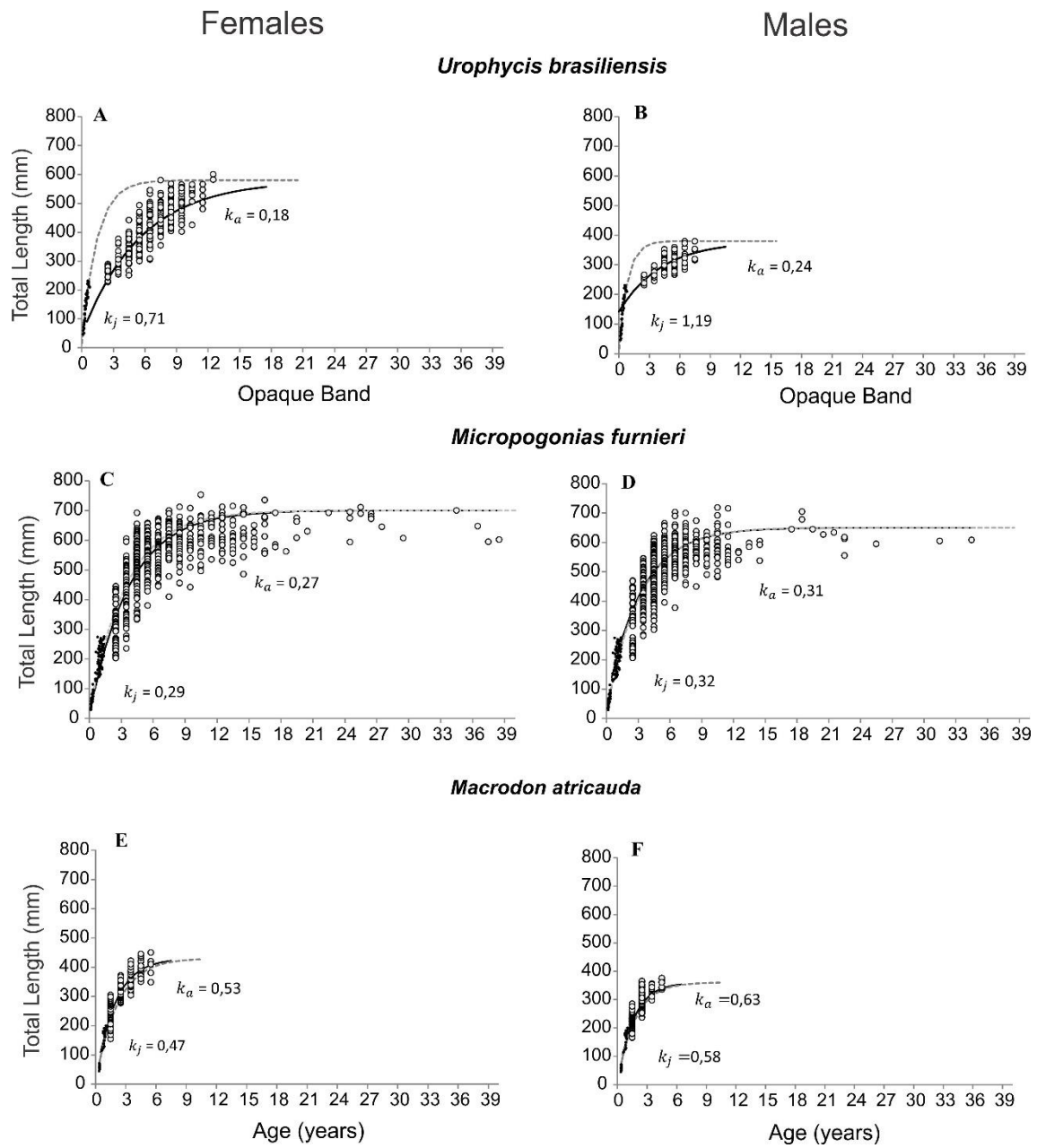


Figure 7. Growth curves estimated from the microstructure (dashed line, black circles) and the macrostructure (black line, white circles) and the growth coefficient k in adults (k_a) and juveniles (k_j) in: (A) female brazilian codling *Urophycis brasiliensis*, (B) male *U. brasiliensis*, (C) female white croaker *Micropogonias furnieri*, (D) male *M. furnieri*, (E) female *Macrodon atricauda*, and (F) male *M. atricauda*, all captured in southern Brazil.

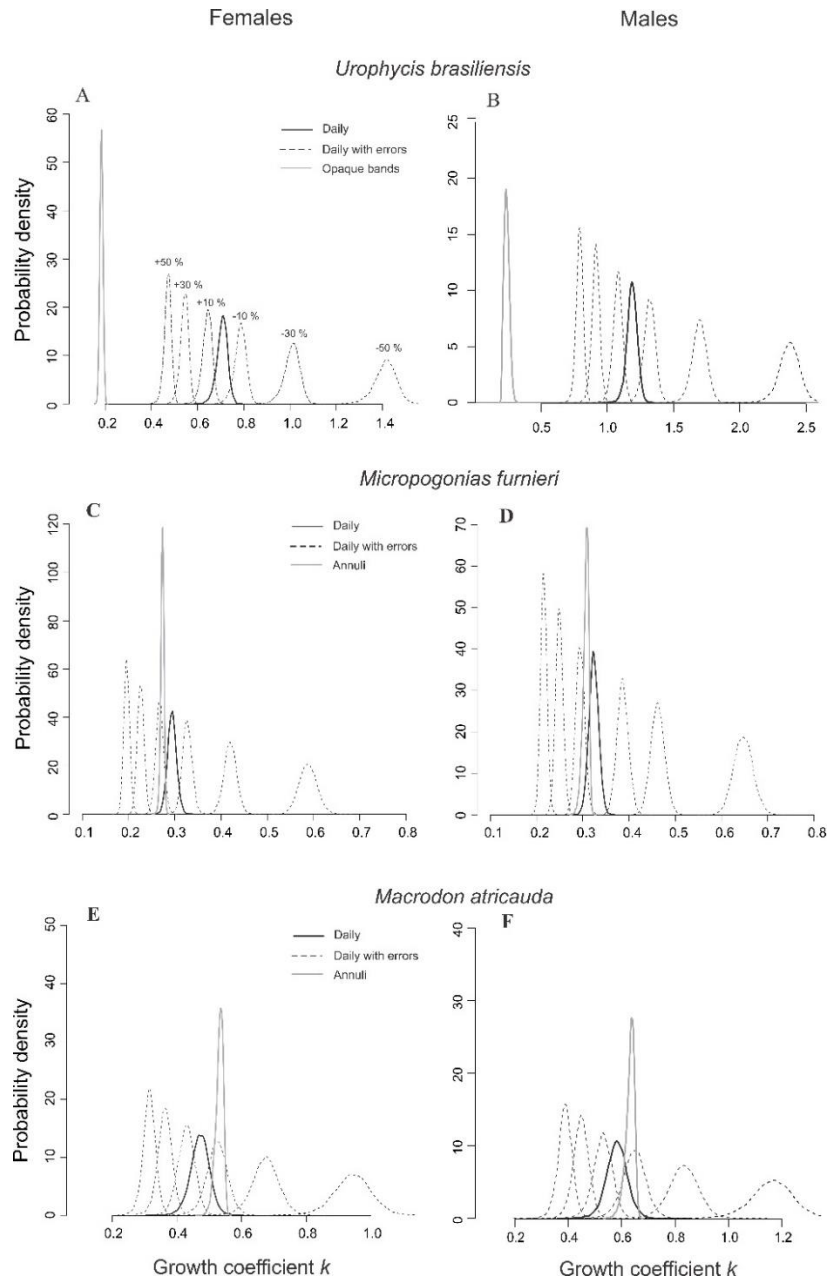


Figure 8. Probability densities of growth coefficient k to the counts of daily rings (black colour) and opaque bands or annuli (gray colour) in the otolith sections of three demersal species in southern Brazil: (A) female brazilian codling *Urophycis brasiliensis*, (B) male *U. brasiliensis*, (C) female white croaker *Micropogonias furnieri*, (D) male *M. furnieri*, (E) female *Macrodon atricauda*, and (F) male *M. atricauda*. Dashed lines indicate the sensitivities of k estimations to errors of ± 10 , 30 and 50% in daily counting.

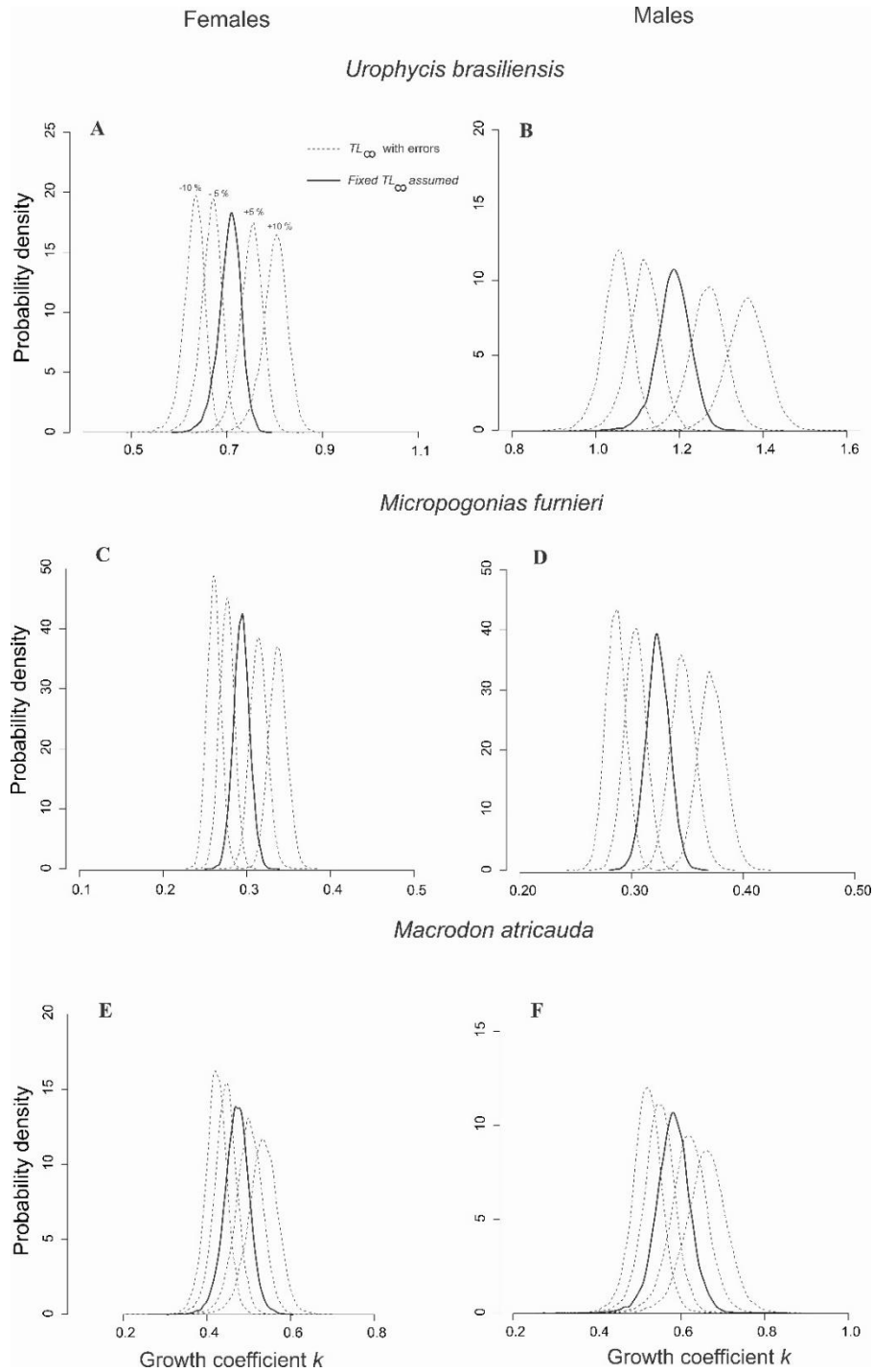


Figure 9. Probability densities of the growth coefficient k calculated with fixed TL_{∞} assumed for three demersal species in southern Brazil: (A) female brazilian codling *Urophycis brasiliensis*, (B) male *U. brasiliensis*, (C) female white croaker *Micropogonias furnieri*, (D) male *M. furnieri*, (E) female *Macrodon atricauda*, and (F) male *M. atricauda*. Dashed lines indicate the sensitivities of k estimations to errors of ± 5 and 10% in assumption of the TL_{∞} .

