

ANA ODETE DE MELO ELOI DA SILVA

IDADE E CRESCIMENTO DA CARAÚNA AZUL, *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1981) (PERCIFORMES: ACANTHURIDAE) CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO.

RECIFE – PE

FEVEREIRO, 2018.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E AQUICULTURA

IDADE E CRESCIMENTO DA CARAÚNA AZUL, *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1981) (PERCIFORMES: ACANTHURIDAE) CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO.

Ana Odete de Melo Eloi da Silva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do título de mestre em recursos pesqueiros e aquicultura.

Orientador (a): Prof^a Dra. Rosângela Paula Teixeira Lessa

Recife - PE

Fevereiro, 2018.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586i Silva, Ana Odete de Melo Eloi da
Idade e crescimento da caraúna azul, *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1981) (Perciformes: Acanthuridae) capturada no litoral norte de Pernambuco / Ana Odete de Melo Eloi da Silva. – 2018.
47 f. : il.

Orientadora: Rosangela Paula Teixeira Lessa.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2018.
Inclui referências e anexo(s).

1. *Acanthurus coeruleus* 2. VBGF 3. Microincrementos
4. Macroincrementos 5. Otólitos 6. Validação 7. IMM I. Lessa,
Rosangela Paula Teixeira, orient. II. Título

CDD 639

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

IDADE E CRESCIMENTO DA CARAÚNA AZUL, *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1981) (PERCIFORMES: ACANTHURIDAE) CAPTURADA NO LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO

Ana Odete de Melo Eloi da Silva

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre/doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e aprovada em 28/02/2018 pela seguinte Banca Examinadora.

Prof^ª Dra. ROSANGELA PAULA TEIXEIRA LESSA

Orientadora

Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^ª Dra. FLÁVIA LUCENA FRÉDOU

Membro Interno

Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. FRANCISCO MARCANTE SANTANA

Membro Externo

Unidade Acadêmica de Serra Talhada
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

*Dedico esse trabalho a minha família (Mãe e Irmão)
e à memória de Antônio Vicente de Melo, que sempre
incentivaram meu crescimento profissional.*

AGRADECIMENTOS

À Professora Rosângela Lessa pela orientação, pelo aprendizado nos diversos aspectos da dinâmica, mostrando a cada dia como a conservação desses recursos é primordial. A ela agradeço toda a paciência nessa longa jornada de orientação desde a graduação até hoje.

Ao Professor Francisco Marcante (Chico) pelos ensinamentos, longos diálogos, conselhos, trabalhos, mostrando sempre entusiasmo e disponibilidade para ajudar.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura e a CAPES pela concessão da bolsa.

À Ana Terça (minha mãe) e Gabriel (meu irmão) que sempre estiveram presentes em todos os momentos da minha vida incentivando e apoiando e dando o aporte necessário em todas essas etapas.

Aos meus amigos e colegas de laboratório pelas conversas, questionamentos e momentos de descontração no convívio em laboratório. Entre eles a Andressa, Philippe, Cathia e o Leandro pela disponibilidade de trocar ideias e construir questionamentos.

Ao Jonas Eloi que muito mais que um amigo, foi meu mentor durante toda essa jornada, desde a graduação até o mestrado. A ele agradeço pela paciência, pelas horas de conversa sobre otólitos, pela preocupação, entusiasmo.

A Emylly Monteiro que mesmo longe fisicamente soube ter paciência, calma e carinho comigo durante a reta final dessa jornada.

RESUMO

O *Acanthurus coeruleus* é uma espécie distribuída em águas tropicais e subtropicais, e membro da guilda trófica de herbívoros móveis com, organização social em sistemas territoriais nos recifes de corais. Na região litorânea do Nordeste *A. coeruleus* é capturada como fauna acompanhante da pesca com covos do saramunete e é uma das espécies ornamentais mais exportadas pelo Brasil. Para estimar os parâmetros de crescimento para o *Acanthurus coeruleus* no litoral norte de Pernambuco, foi utilizado um banco de dados de 2007 – 2008 com amostras mensais, da pesca artesanal no litoral norte de Pernambuco. Os otólitos *sagittae* foram removidos, limpos, emblocados, seccionados e montados em lâminas microscópicas e analisados ao microscópio estereoscópio sob luz transmitida. Foram realizadas as leituras das micro e macroincrementos e as contagens foram ajustadas aos modelos de von Bertalanffy (VBGF), von Bertalanffy Generalizado (VBGF Gen.), Gompertz, Logístico, e Schnute utilizando verossimilhança e o Critério de Informação de Akaike (AIC), para eleger o modelo que oferece o melhor ajuste. 610 indivíduos entre 3,75 a 41 cm de comprimento total, não mostraram diferenças significativas na relação peso comprimento para os sexos separados (ANCOVA; t -valor=103,716; $p=0,000$). Foram feitas as leituras de otólitos para as macroestruturas obtendo-se o IAPE de 3,69%. De 11 otólitos a leitura dos microincrementos gerou o coeficiente de variação (CV) de 3,063%. O incremento marginal relativo (MIR) dos macroincrementos apresentou diferença significativa (Kruskal-Wallis; $p=0,000266$), sugerindo que a formação do anel ocorre uma vez ao ano durante o mês de novembro. Das 261 lâminas lidas, a idade máxima foi de 13,6 anos e mínima foi de 0,22 anos; houve diferença significativa entre os parâmetros para os sexos separados. O modelo de von Bertalanffy (VBGF) ($L_{\infty} = 42,00$ cm; $k = 0,173$; $t_0 = -0,724$) garantiu o melhor ajuste diante dos outros modelos para as macro e microestruturas.

Palavras-chave: *Acanthurus coeruleus*, VBGF, microestruturas, macroestruturas, otólitos, validação, IMM.

ABSTRACT

The blue tang, *Acanthurus coeruleus*, is distributed in tropical and subtropical waters. It is an important member of the trophic guild of large mobile herbivores, presenting a considerable social organization in great or small schools of domination in territorial systems at coral reefs. It is found in the coastal areas of the Northeast Brazil. *A. coeruleus* is caught in the fishing traps as bycatch fauna of the saramunete fishery and is considered as one of the most exported ornamental species in Brazil. The aim of the present study was to estimate the growth parameters for *Acanthurus coeruleus* in Pernambuco coastal areas. A monthly sample collected in 2007-2008 was analyzed. From artisanal and commercial fishing the sagittae otoliths were obtained, removed, cleaned, embedded in polyester resin, sectioned, mounted on microscopic slides and analyzed under stereomicroscope using transmitted light. The micro and macroincrements were read and the counts were adjusted to the models of von Bertalanffy (VBGF), Generalized von Bertalanffy (VBGF Gen.), Gompertz, Logistic, and Schnute using the likelihood and the Akaike Information Criterion (AIC), to choose the model providing the best fit. Counts were conducted in 610 individuals ranging from 3.75 to 41 cm in total length; there were no significant differences in the weight-to-weight ratio for the separated sexes (ANCOVA, t-value = 103,716, p = 0,000). The readings of 261 were carried out for the macrostructures in which the IAPE was 3.69%. Eleven otoliths were read for microincrements and the coefficient of variation (CV) was 3.063%. The relative marginal increment (MIR) showed significant difference (Kruskal-Wallis; p = 0.000266) suggesting that ring formation occurs once a year mostly in November. Of the 261 slides read, the maximum age was 13.6 years and minimum was 0.22 years, there were significant difference between the parameters Bertalanffy (VBGF) ($L_{\infty} = 42,00$ cm; k = 0,173; $t_0 = -0,724$). VBGF displayed the best fit comparing to the other models for the macro and microstructures when separated sexes are considered.

Key-words: *Acanthurus coeruleus*, blue tang, VBGF, microstructures, macrostructures, otoliths, validation, MMI.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplos de *Acanthurus coeruleus* em habitat natural para exemplificar o dicromatismo etário na fase inicial (juvenil) (a); na fase adulta do animal (b); e formando grandes cardumes em atividade de forrageio (c). Fonte (a): <http://www.fishbase.com> (*Acanthurus coeruleus*, por Estrada Anaya, R.A.). Fonte (b): <http://www.iucnredlist.org> (Robert F. Myers). Fonte (c): <https://commons.wikimedia.org> (Paul Asman & Jill Lenoble)..... 14
- Figura 2.** Representação do labirinto do ouvido interno, destacando suas estruturas e morfologia interna. d, dorsal; la, lateral; r, rostral; L, Lagenas; S, Saculo; U. Fonte: Schulz-Mirbach et al. (2011). 15
- Figura 3.** Representação visual dos incrementos de crescimento dos otólitos sagittae em diferentes gradientes latitudinais: (a) baixa latitude 9°N; (b) latitude média 23°N; (c) alta latitude 36°S. Fonte: Choat et al. (2009). 16
- Figure 1.** Mapa do litoral norte de Pernambuco, destacando: Ponta de Pedra, Ilha de Itamaracá e Pau Amarelo, no qual foram capturados os exemplares de *Acanthurus coeruleus* analisados. 25
- Figure 2.** (A) Otólito indicando suas respectivas medidas: altura do otólito (Ho); largura do otólito (Lo) e o raio do otólito (Ro). E seus respectivos eixos: (B) Eixo ventral (EV); eixo dorsal (ED) e rostrum (R) do otólito sagittae de *Acanthurus coeruleus* capturado no litoral de Pernambuco. 26
- Figure 3.** Distribuição de frequência por sexo para a caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturada no litoral norte de Pernambuco. Representados por fêmeas, indeterminados e machos, n = 610. 30
- Figure 4.** (A) Relação entre o raio do otólito (RO – mm) e o comprimento total (CT – cm); (B) Representação do viés de erro nas leituras das macroestruturas entre os leitores para caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturada no litoral norte de Pernambuco. . 31
- Figure 5.** Otólito seccionado transversalmente de um indivíduo com 32 cm de comprimento total: (A) o eixo das leituras realizadas; (B) contagem das macroestruturas exibindo 15 anéis (macroincrementos) da caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturado no litoral norte de Pernambuco..... 31
- Figure 6.** (A) Otólito seccionado de uma caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturada no litoral norte de Pernambuco, no qual: (a) área no qual as microestruturas são mais espaçadas e contendo anéis mais largos; (b) área após o primeiro anel no qual as microincrementos apresentam espessura menor; (B) otólito sagittae de *Acanthurus coeruleus* marcado com alizarina (ALZ); (C) marca de alizarina (ALZ) ampliada 400x, nesta região compreendendo entre a marca e a borda exibindo 7 anéis periódicos. 32
- Figure 7.** Modelo de von Bertalanffy para o *Acanthurus coeruleus* capturados no litoral norte de Pernambuco, no qual: (A) curva de VBGF com os macroincrementos; (B) curva de VBGF com os microincrementos e macroincrementos combinados..... 33

LISTA DE TABELAS

Table 1. Ranking dos modelos a partir do critério de informação de Akaike (AIC) para a modelagem realizada com base nos micros e macroincrementos. No qual: número de parâmetros para cada modelo (K); diferença de Akaike (ΔAIC_c); peso do critério AIC (w_i); Log-Likelihood (LL).....	33
Table 2. Comparação entre os parâmetros dos modelos com os micros e macroincrementos. No qual: (K) número de parâmetros de cada modelo; comprimento máximo teórico (L_∞); taxa de crescimento (k); idade no comprimento zero (t_0) e intervalos de confiança ($IC_{(L_\infty)}$; $IC_{(k)}$). $m=1,01$	33
Table 3. Tabela comparativa entre os parâmetros do modelo de crescimento de Von Bertalanffy (VBGF) e amplitude de comprimento para os respectivos estudos com <i>Acanthurus coeruleus</i> . *Comprimento Padrão (CP); **Comprimento Zoológico (CZ). 36	

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. REFERÊNCIAS	18
2. ARTIGO CIENTÍFICO	22
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS	30
AGRADECIMENTOS	37
REFERÊNCIAS	38
3. NORMAS DA REVISTA JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION (JMBA)	43

1. INTRODUÇÃO

Reconhecido pela alta produtividade e copiosa biodiversidade, o ecossistema tropical costeiro é fornecedor dos mais variados serviços ecossistêmicos (HARBONE *et al.*, 2006). Esses ambientes são complexos e estruturalmente distintos em suas diversas características (físicas, biológicas, hidrológicas) (NAGELKERKEN, 2009). Além dos manguezais, estuários, e prados, os recifes de corais estão entre os sistemas mais comuns nos trópicos (FALCÃO, 2012), e são considerados os ambientes mais diversos dos mares constituindo uma complexidade estrutural que pode ser observada visualmente pela diversidade e riqueza de organismos que a compõe (BELLWOOD & WAINWRIGHT, 2002). Os ecossistemas recifais são encontrados em mais de cem países e territórios através dos trópicos (FERREIRA e MAIDA, 2006), a única estimativa global feita em 1997 acerca do valor desse ecossistema para o mundo em bens de serviço foi de US \$375 bilhões, e o investimento em pesquisa e monitoramento é inferior 0,05% desse valor (WILKINSON, 2002).

Contudo, o objetivo fundamental na ecologia dos recifes de corais é estimar o estado das comunidades ecológicas e o quanto as atividades humanas as perturbam (HELUER e SAMHOURI, 2017). Nas últimas décadas esse bioma tem sofrido devido a efeitos conjugados e principalmente pela pressão humana, o que tem provocado a perda de biodiversidade e habitats, e conseqüentemente, diminuição dos recursos naturais, declínio da pesca comercial/artesanal, poluição de praias, aumento dos processos erosivos, e outros demais danos (MMA, 2008). No Brasil os recifes costeiros são ambientes altamente diversificados que apresentam uma grande importância ecológica, econômica e social, contudo há pouca experiência em questões de ordenamento do uso desses ecossistemas, principalmente em relação a degradação causada nas últimas décadas decorrente do seu uso desordenado (FERREIRA e MAIDA, 2007).

Esta é uma preocupação recorrente das regiões tropicais de baixa latitude que muitas vezes têm limitações de governança muito significativas bem como as limitações socioeconômicas (HERNÁNDEZ-DELGADO *et al.*, 2018). Localizado na região Nordeste, o litoral pernambucano é setorizado por 21 municípios distribuídos em 187 km de litoral, desde o município de Goiana, litoral norte, até o município de São José da Coroa Grande, litoral sul (MANSO *et al.*, 2006). É caracterizado pela presença de mangues e recifes costeiros, ambientes altamente produtivos aos quais estão associados os peixes explorados nessa região pela atividade de pesca (MARQUES e FERREIRA,

2010). Em virtude das características das biotas tropicais da região costeira que apresentam baixa densidade e uma grande diversidade de organismos, a atividade pesqueira é essencialmente artesanal (IBAMA, 2005; LESSA et al., 2006), operando com uma grande quantidade de apetrechos, sendo os mais utilizados: rede de emalhe, linha de mão e as armadilhas (covos e currais) (IBAMA, 2005). No litoral norte de Pernambuco a pesca com armadilhas (covos) é bem mais representativa que as outras modalidades (NÓBREGA e LESSA, 2007).

Entretanto, a gestão pesqueira nesses ecossistemas coralíneos é difícil pela natureza complexa do ambiente, a diversidade da pesca e a natureza e cultura que utiliza esse recurso (SABATER & CARROLL, 2009). São pescarias que apresentam uma multiespecificidade em suas capturas, arrecadando múltiplas espécies, com diferentes alvos, como ocorre com a pesca com covos no litoral pernambucano. Entretanto, as espécies de peixes capturadas nessa modalidade são agrupadas nos desembarques em categorias multiespecíficas, o que dificulta a análise de tendências populacionais (RESENDE; FERREIRA, FREDOU, 2003).

Além disso, o aumento da pressão da pesca nos últimos anos tem levado a declínios populacionais em determinadas espécies de peixes recifais (ASWANI e HAMILTON, 2004; MUMBY *et al.*, 2004; DULVY e POLUNIN, 2004). Os principais peixes capturados pela pesca de covos no litoral de Pernambuco são: saramunete (*Pseudupeneus maculatus*), xira (*Haemulon squamipinna*), sapuruna (*Haemulon aurolineatum*); ariocó (*Lutjanus synagris*); budiões (*Sparisoma axillare*, e *Sparisoma frondosum*), piraúna (*Cephalopholis fulva*) e cirurgiões (*Acanthurus chirurgus*; *Acanthurus coeruleus* e *Acanthurus bahianus*) (IBAMA, 2005).

Alvo da pesca com covos, a família Acanthuridae é constituída por seis gêneros (*Acanthurus*, *Ctenchaetus*, *Naso*, *Paracanthurus*, *Prionurus* e *Zebrasoma*) e 80 espécies (NELSON, 2006). Constituintes dessa família possuem distribuições em áreas tropicais e subtropicais sendo em sua maioria herbívoros errantes diurnos (BELLWOOD e WAINWRIGHT, 2002; NELSON, 2006), constituindo um grupo com importantes papéis funcionais no ecossistema coralíneo, entre os mais conspícuos e dominantes em recifes de coral, em termos de números de indivíduos e biomassa (COMEROS-RAYNAL *et al.*, 2012). O *Acanthurus coeruleus* (BLOCH & SCHNEIDER, 1981) é uma espécie amplamente distribuída no oceano Atlântico. É um forrageiro solitário que apresenta hábitos territorialistas exibindo um dicromatismo etário bem evidenciado entre o juvenil e o adulto (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Na região litorânea do Nordeste

a caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*), como é popularmente conhecida, é capturada na pesca de covos como fauna acompanhante e na pesca de peixes ornamentais, estando entre as mais exportadas pelo Brasil (ARAÚJO e ALBUQUERQUE-FILHO, 2005).



Figura 1. Exemplares de *Acanthurus coeruleus* em habitat natural para exemplificar o dicromatismo etário na fase inicial (juvenil) (a); na fase adulta do animal (b); e formando grandes cardumes em atividade de forrageio (c). Fonte (a): <http://www.fishbase.com> (*Acanthurus coeruleus*, por Estrada Anaya, R.A.). Fonte (b): <http://www.iucnredlist.org> (Robert F. Myers). Fonte (c): <https://commons.wikimedia.org> (Paul Asman & Jill Lenoble).

Estudos sobre idade e crescimento de peixes em ambientes tropicais são mais escassos que das espécies de ambientes temperados. Entretanto, desde a década de 90, ocorreu uma propagação considerável no número de estudos da biologia e idade em espécies tropicais (MORALES-NIN e PANFILI, 2005). Para espécies recifais a determinação da idade tem ajudado no estabelecimento de questões de conectividade entre esses animais com o ambiente coralíneo, relações entre diferentes nichos e análise comportamental desses animais. Choat e Robertson (2002) ao estimar curvas de crescimento para Acanthurídeos abordaram questões geográficas da plasticidade, dos parâmetros de crescimento e da história de vida. Essas são informações críticas para a

compreensão da dinâmica das populações de peixes recifais. Os autores ressaltam que a distribuição geográfica determina as tendências dos parâmetros da história de vida em resposta aos gradientes ambientais e latitudinais. Os estudos mencionados foram realizados com base em otólitos que têm apresentado sucesso para a estimativa da idade por métodos diretos em peixes tropicais, tendo sido particularmente úteis para conhecer as estruturas de tamanho e idade (THORROLD e HARE, 2002).

Os otólitos são estruturas compostas por carbonato de cálcio e proteína, e estão localizados no labirinto do ouvido interno dos teleósteos (peixes ósseos) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Essas estruturas estão associadas às funções de audição, orientação, balanço (POPPER *et al*, 2005), e são as primeiras estruturas calcificadas a serem formadas na ontogênese (MORALES-NIN, 2000; WRIGHT *et al*, 2002).

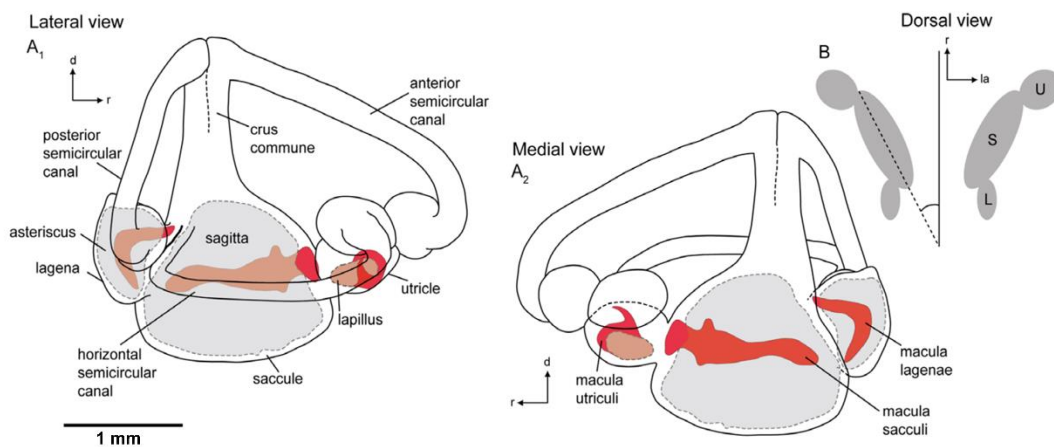


Figura 2. Representação do labirinto do ouvido interno, destacando suas estruturas e morfologia interna. d, dorsal; la, lateral; r, rostral; L, Lagena; S, Saculo; U. Fonte: Schulz-Mirbach et al. (2011).

Existem singularidades atribuídas aos otólitos que fazem dessas estruturas uma ferramenta robusta na ciência pesqueira como variação fenotípica inter e intraespecífica (PLATT & POPPER, 1981), metabolismo inerte (MUIYA & UCHIMURA, 1989), densidade e variação ontogenética (PLATT & POPPER, 1981). As propriedades dos otólitos são utilizadas para identificar estoques pesqueiros (STRANSKY, 2014), a estrutura populacional, estimar parâmetros biológicos (SANTANA *et al.*, 2009), a ecologia alimentar, os eventos de história de vida (SPONAUGLE, 2009) e a conectividade (BRADBURY *et al.*, 2011).

Os otólitos são estruturas complexas, exibindo uma variedade de incrementos e descontinuidades (PANNELLA, 1974). As macroestruturas (anéis periódicos: anuais, ou não) podem variar em clareza e facilidade de interpretação entre indivíduos da mesma

população, entre populações e de diferentes lugares (FOWLER, 1995). Já as microestruturas (anéis geralmente diários) contém uma riqueza enorme de informações permitindo evidenciar desde os padrões de idade, crescimento, dispersão larval, dinâmica de recrutamento e sobrevivência (SPONAUGLE, 2009).

A dificuldade na interpretação das marcas de crescimento para peixes tropicais se dá na complexidade da representação visual das suas macro e microestruturas, em detrimento das condições ambientais e de sazonalidade, que não são bem definidas em regiões de baixas latitudes. Muitas vezes a complexidade de interpretação desses dados gera estimativas errôneas nas idades, o que pode ~~causar~~ contribuir para o colapso de ~~em~~ medidas de manejo e gerenciamento de estoques. Além do mais, tanto para *A. coeruleus* como para a maioria das espécies recifais o tamanho e a idade são dissociados, considerando o tamanho como um descritor divergente com relação à idade (CHOAT e ROBERTSON, 2002), tornando está espécie ainda mais vulnerável as seletividades atribuídas às diferentes modalidades de pesca nesses ecossistemas.

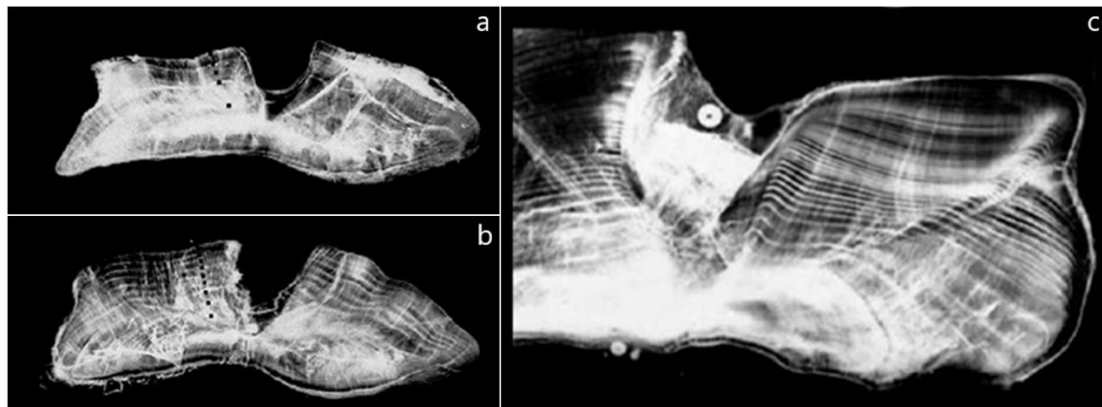


Figura 3. Representação visual dos incrementos de crescimento dos otólitos sagittae em diferentes gradientes latitudinais: (a) baixa latitude 9°N; (b) latitude média 23°N; (c) alta latitude 36°S. Fonte: Choat *et al.* (2009).

Levando em consideração o atual cenário dos recursos pesqueiros da costa brasileira que estão sendo plenamente explorados ou sobreexplorados (LESSA, 2006), os estudos de crescimento são fundamentais para a gestão e manejo de uma espécie a partir da determinação das curvas de idade e crescimento (CAMPANA, 2001).

No presente estudo pretende-se estimar a idade e o crescimento de *A. coeruleus* e comparar aos estudos anteriormente realizados por Satyro (2008) em Pernambuco e aos estudos do Choat e Robertson (2002) e Mutz (2006) realizados em diferentes regiões do Caribe. Desse modo, este trabalho irá dispor do material composto por um banco de dados

e otólitos *sagittae* utilizado por Satyro (2008) com o objetivo de avaliar as curvas de crescimento a partir desses otólitos, visando um melhor ajuste estatístico aos diferentes modelos a partir de uma inferência de multi-modelos (MMI) (KATSANEVAKIS, 2006). Os parâmetros de crescimento do modelo de von Bertalanffy (1938) permitirão a comparação com os estudos anteriormente realizados por Satyro (2008), Choat e Robertson (2002) e Mutz (2006).

A gestão da pesca necessita para a avaliação de estoques de informações básicas da dinâmica populacional que afetam a biomassa das populações (crescimento, mortalidade, recrutamento, determinação da abundância, migrações, reprodução, alimentação e outros) (CASTELLO, 2007). Portanto, este estudo permitirá comparar o crescimento para o *Acanthurus coeruleus* a nível local e global a partir de diferentes gradientes latitudinais, com o propósito de contribuir com parâmetros essenciais para a avaliação desse estoque com o intuito de promover futuras discussões de como gerir esse recurso.

1.1. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.E. & ALBUQUERQUE-FILHO, A.C. Biologia das principais espécies de peixes ornamentais marinhos do Brasil: Uma revisão bibliográfica e documental. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Recife, v. 13, n. 1, 109-154. 2005.
- ARTHUR N POPPER, JOHN RAMCHARITAR, and STEVEN E. CAMPANA. Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. **Marine and freshwater Research**, 56(5):497-504. 2005.
- ASWANI, S.; HAMILTON, R. J. Integrating indigenous ecological knowledge and customary sea tenure with marine and social science for conservation of bumphead parrotfish (*Bolbometopon muricatum*) in the Roviana Lagoon, Solomon Islands. **Environmental Conservation**, v. 31, n. 1, p. 69–83, 2004.
- BELLWOOD, D. R.; WAINWRIGHT, P. C. The history and biogeography of fishes on coral reefs. In: Sale, P. F. (ed.). Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. **Elsevier science**, San Diego, pp 5-32, 2002.
- BRADBURY, I. R.; DIBACCO, C.; THORROLD, S. R.; SNELGROVE, P. V. R.; CAMPANA, S. E. Resolving natal tags using otolith geochemistry in an estuarine fish, rainbow smelt *Osmerus mordax*. **Mar Ecol Prog Ser** Vol. 433: 195–204. 2011.
- CAMPANA, S. E. Accuracy precision and quality control in age determination including a review of the use and abuse of. **Journal of Fish Biology**, v. 59, p. 197–242, 2001.
- CASTELLO, J. P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível? **Panamjas Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, p. 47–52, 2007.
- CHOAT, J.H. & ROBERTSON, D.R. Age-Based Studies on Coral Reef Fishes. In: Sale P.F., Ed. Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem. **Academic Press**, San Diego. 57-80 pp. 2002.
- COMEROS-RAYNAL, M. T. *et al.* The likelihood of extinction of iconic and dominant herbivores and detritivores of coral reefs: The parrotfishes and surgeonfishes. **PLoS ONE**, v. 7, n. 7, 2012.
- DULVY N. K, POLUNIN N. V. C. Using informal knowledge to infer human-induced rarity of conspicuous reef fish. **Animal Conservation** 7: 365–374. 2004.
- FALCÃO, ELISABETH CABRAL SILVA. Evidências de conectividade entre habitats costeiros tropicais através do estudo de peixes em fases iniciais do ciclo da vida. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. 2012.

- FERREIRA, B. P., & MAIDA, M. Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil: situação e perspectivas. Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. <https://doi.org/M744>. 2006.
- FERREIRA, B. P.; MAIDA, M. Características e Perspectivas para o Manejo da pesca na Área de Proteção Ambiental marinha da APA Costa dos Corais. In: MMA/SBF. (Org.). Áreas Aquáticas Protegidas como Instrumento de Gestão Pesqueira. **4^a ed. Brasília: Serie Áreas Protegidas** v. 1, p. 39-5, 2007.
- FOWLER A.J. Annulus formation in otoliths of coral reef fish – a review. In: Secor DH, Dean JM, Campana SE (Eds) Recent developments in fish otolith research. University of South Carolina Press, Columbia, pp 45–63. 1995.
- HARBORNE, A. R., P. J. MUMBY, F. MICHELI, C. T. PERRY, C. P. DAHLGREN, K. E. HOLMES, and D. R. BRUMBAUGH. The functional value of Caribbean coral reef, seagrass and mangrove habitats to ecosystem processes. *Advances in Marine Biology* 50:57–189, 2006.
- HELYER, J., & SAMHOURI, J. F. Fishing and environmental influences on estimates of unfished herbivorous fish biomass across the Hawaiian Archipelago, *575*, 1–15. 2017.
- HERNÁNDEZ-DELGADO, Edwin A.; MERCADO-MOLINA, Alex E.; SULEIMÁN-RAMOS, Samuel E. Multi-Disciplinary Lessons Learned from Low-Tech Coral Farming and Reef Rehabilitation: I. Best Management Practices. In: **Corals in a Changing World**. InTech, 2018.
- IBAMA. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil – Projeto ESTATPESCA. Brasília: SEAP/IBAMA/PROZEE. 328 p. 2005.
- KATSANEVAKIS, S. Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. **Fisheries Research**, v. 81, n. 2–3, p. 229–235, 2006.
- LESSA, R.P.T.; VIEIRA, A.C.S.; MONTEIRO, A.; SANTOS, J.S.; LIMA, M.M.; CUNHA, E.J.; SOUZA JR, J.C.A.; BEZERRA, S., TRAVASSOS, P.E.P.F. & OLIVEIRA, A.B.R. "Diagnóstico da pesca no estado de Pernambuco". In: Isaac, V.N.; Haimovici, M.; Martins, S.A. & Andriquetto, J.M.(Org). *A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais*. pp.67-92, Belém; UFPA. 2006
- MANSO, V. A. V.; COUTINHO, P. N.; GUERRA, N. C. ; SOARES JUNIOR, C. F. A. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro (Pernambuco). In: Dieter Muehe. (Org.). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Brasília: MMA, v. 1, p. 179-196. 2006.

- MARQUES, S.; FERREIRA, B. P. Composição e características da pesca de armadilhas no litoral norte de Pernambuco - Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, v. 18, p. 23-34, 2010.
- MORALES-NIN B. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. **Fish Res.** 46:53–67. 2000.
- MORALES-NIN B.; PANFILI J. Seasonality in the deep sea and tropics revisited: what can otoliths tell us? **Marine Freshwater Reserach** 56:585–598. 2005
- MUGIYA, Y.; UCHIMURA, T. Otolith resorption induced by anaerobic stress in the goldfish, *Carassius auratus*. **Journal of Fish Biology** 35, 813-818. 1989.
- MUMBY PJ, EDWARDS AJ, ARIAS-GONZALEZ JE, LINDEMAN KC, BLACKWELL PG, *et al.* Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. **Nature** 427: 533–536. 2004.
- MUTZ, STEPHANIE, J. Comparative growth dynamics os Acanthurid fishes. Masters (Research) thesis, James Cook University. 2006. URL: <http://eprints.jcu.edu.au/2133>
- NAGELKERKEN, I. Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems. **Springer**, 615 p. 2009.
- NELSON, J. S. Fishes of the World, John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 3rd edition, 354p. 2006.
- NÓBREGA, M. F.; LESSA, R. P. Descrição e composição das capturas da frota pesqueira artesanal da região Nordeste do Brasil. *Arq. Ciên. Mar.*, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 64-74, 2007
- P. J. WRIGHT; JACQUES PANFILI; B. MORALES NIN; and A. J. GEFFEN. Types of calcified structures: otoliths. In: *Manual of fish sclerochronology*, pages 31-57. IRD; IFREMER, 2002. ISBN 2-7099-1490-5; 2-84.
- PANNELLA G. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. In: Bagenal TB (Ed) *The ageing of fish*. Unwin Brothers Ltd, London, pp 28–39. 1974.
- PLATT, C.; POPPER, A. N. Fine Structure and Function of the Ear. In TAVOLGA, W. N.; POPPER, A. N.; FAY, R. R. *Hearing and Sound Communication in Fishes*, p. 3-38, **Springer**: New York. 1981.
- RESENDE, S. M.; FERREIRA, B. P.; FREDOU, T. A pesca de lutjanídeos no Nordeste do Brasil: histórico das pescarias, características das espécies e relevância para o

manejo. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v.11, p.257-270, 2003.

SABATER, M. G.; CARROLL, B. P. Trends in Reef Fish Population and Associated Fishery after Three Millennia of Resource Utilization and a Century of Socio-Economic Changes in American Samoa. **Reviews in Fisheries Science**, v. 17, n. 3, p. 318–335, 2009.

SANTANA, F. M.; MORIZE, E.; CLAVIER, J.; LESSA, R. Otolith micro- and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white mullet *Mugil curema*. **Aquatic Biology**, 7(3), 199–206. 2009. Link: <https://doi.org/10.3354/ab00189>

SATYRO, M.C.A. Reprodução, idade e crescimento da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus* (Actinopterygii: Acanthuridae) em Pernambuco – Recife, 87 folhas, il., fig., tab. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2008.

SPONAUGLE S. Daily otolith increments in the early stages of tropical fish. In: Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology, Green, B.S., Mapstone, B.D., Carlos, G. e Begg, G.A. (Eds). Pad. **Springer**. 2009.

STRANSKY, C. Morphometric Outlines. In: CADRIN, S. X.; KERR, L. A.; MARIANI, S. Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science, 2nd Edition, p. 129-140, **Elsevier**: London. 2014.

THORROLD S. R.; HARE, J.A. Otolith applications in reef fish ecology. In: Sale PF (Ed) Coral reef fishes – dynamics and diversity in a complex ecosystem. **Academic Press**, San Diego, California, pp 243–264. 2002.

WILKINSON, C. The Status of the Coral Reefs of the World: 2002. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science and the Global Coral Reef Monitoring Network, 2002. 378 p. 2002.T

2. ARTIGO CIENTÍFICO

Artigo científico a ser encaminhado a Revista [JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION OF THE UNITED KINGDOM].

Todas as normas de redação, estrutura e citação deste capítulo estão em acordo com as normas estabelecidas pela revista (em anexo).

Idade e crescimento da caraúna azul, *Acanthurus coeruleus* (Bloch & Schneider, 1981) (Perciformes: Acanthuridae) capturada no litoral norte de Pernambuco.

SILVA, A. O. M. E.¹; SÁTYRO, M. C. A.¹; VASCONCELOS-FILHO, J. E.²; LESSA, R. P. T.^{1,2}

¹Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR) - Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq), Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura (PPGRPA), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE.

²Departamento de Estatística e Informática (DEINFO) - Programa de Pós-Graduação em Estatística e Informática Aplicada (PPGEIA), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) - Av. Dom Manuel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE.

E-mail do autor correspondente: anameloei@gmail.com

INTRODUÇÃO

A caraúna azul, *Acanthurus coeruleus* é uma espécie distribuída em águas tropicais e subtropicais, e um importante membro da guilda trófica de herbívoros móveis (Semmens, *et al.*, 2005). Apresentam complexos modos alimentares e uma diversidade de hábitos bem maior que os outros grupos de peixes herbívoros (Randal, 2001; Ferreira *et al.*, 2004; Randal, 2005). Esta espécie apresenta uma considerável variação na organização social, com adultos encontrados em pequenas ou grandes cardumes, em hierarquias de dominação ou em sistemas territoriais (Hiatt & Strastburg 1960; Jones, 1968; Robertson & Gaines 1986; Craig, 1996). Esse comportamento de *Acanthurus coeruleus* é bastante evidente e demarcado pelo dicromatismo etário, no qual, os indivíduos jovens (“tangs” amarelos) geralmente são mais solitários e territoriais (Bell & Kramer, 2000); enquanto os adultos (“tangs” azuis) formam cardumes de espécies mistas (Foster, 1985), para facilitar o acesso aos recursos alimentares de alta qualidade (Robertson *et al.*, 1976; Foster, 1985).

Maturando com aproximadamente 14cm de comprimento total (CT) (Satyro, 2008), essa espécie tem longevidade podendo diferir substancialmente a partir das características demográficas (Choat & Robertson, 2002; Mutz, 2006). Estudos de crescimento sobre *Acanthurus coeruleus* realizados em diversas regiões do Caribe (Choat e Robertson, 2002; Mutz, 2006), baseados na análise de anéis periódicos, revelam divergências sobre os padrões de crescimento a partir de características demográficas. Outro estudo prévio do crescimento em *A. coeruleus* realizado no litoral de Pernambuco (Satyro, 2008), aborda parâmetros de crescimento que divergem das populações encontradas no Atlântico e Pacífico. Há divergência sobre as questões geográficas e da plasticidade nos parâmetros de crescimento, em que o intervalo geográfico fornece um meio sistemático de avaliação de tendências nos parâmetros da história de vida em resposta aos gradientes latitudinais (Choat & Robertson, 2002).

Entretanto, os estudos de idade para peixes de recife tropical são relativamente mais complexos devido às interpretações de suas marcas de crescimento em otólitos. Um outro fato é que a pesca em recifes costeiros envolve modalidades multiespecíficas, capturando diversas classes de indivíduos, o que tem sido preocupante, já que as pressões dessa atividade têm levado a declínios populacionais com perdas localizadas em várias espécies de peixes papagaios e cirurgiões como ocorrido nas Filipinas (Stokwell *et al.*, 2009; Nañola *et al.*, 2011).

De toda forma, há uma crescente necessidade de conservação de estoques de peixes recifais e de reunir informações necessárias para identificação de níveis de vulnerabilidade com base nas características de seus históricos de vida (Choat & Robertson, 2002). Enquanto caraúna azul não é normalmente o alvo da pesca comercial ou esportiva, é importante para os pescadores de subsistência (Munro 1974; Robertson 1988; Garrison *et al.*, 1998), principalmente em locais onde a pressão dessa atividade é particularmente intensa, podendo interferir na densidade dessa população (Semmens *et al.*, 2005). Embora o esforço da pesca não esteja direcionado a esta espécie, ela é encontrada nas capturas da pesca com covos como fauna acompanhante dessa atividade no litoral norte de Pernambuco (Marques & Ferreira, 2010). A caraúna azul é avaliada na *International Union of Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) como *least concern* (LC) de menor preocupação (2018) e não consta em listas de espécies ameaçadas, embora seja uma das espécies ornamentais “nacionais” mais exportadas pelo Brasil (Araújo & Albuquerque-Filho, 2005).

A conservação eficaz de longo prazo dos peixes de recife de corais exige uma compreensão de como o habitat influencia a distribuição das idades e levam a diferenças no crescimento. Em vista disso, o objetivo do presente estudo é evidenciar a estrutura etária e o padrão de crescimento da espécie no Nordeste do Brasil para comparar com estudos realizados em outras áreas geográficas. Assim, se analisa a idade e o crescimento a partir dos incrementos periódicos e, pela primeira vez, a microestrutura dos otólitos, usando a inferência multimodelos IMM para o melhor modelo.

MATERIAL E MÉTODOS

Uma amostra a partir de um conjunto de dados de comprimento-idade e otólitos *sagittae* foram coletados no período de março de 2006 a julho de 2007, totalizando 536 exemplares de *A. coeruleus* (Sátyro, 2008). Também, visando obter indivíduos com comprimentos menores ($< 5\text{cm}$), foram coletados 74 indivíduos entre 2016 e 2017, somando 610 exemplares. Ambos conjuntos de dados foram obtidos da pesca de covos e de mergulhos comerciais no litoral norte de Pernambuco (Ponta de Pedra, Itamaracá, Paulista) (**Figure 1**).

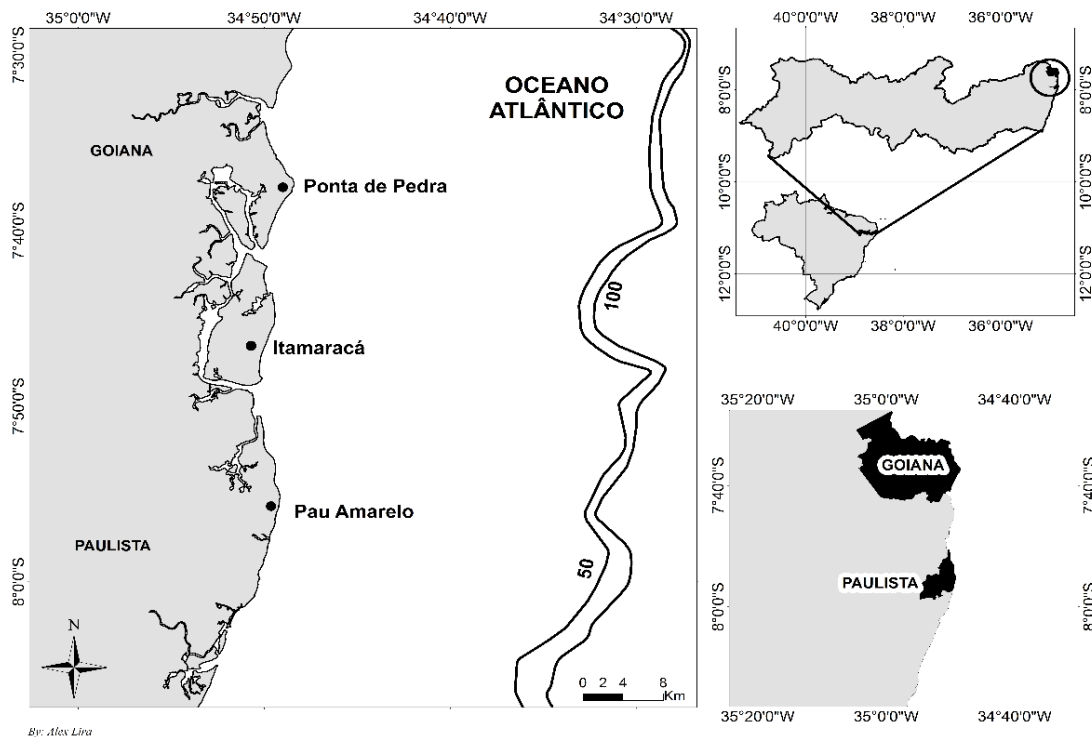


Figure 1. Mapa do litoral norte de Pernambuco, destacando: Ponta de Pedra, Ilha de Itamaracá e Pau Amarelo, no qual foram capturados os exemplares de *Acanthurus coeruleus* analisados.

Dos indivíduos capturados foram registrados: comprimento total (CT, cm), comprimento padrão (CP, cm) e peso total (PT, g). A determinação do sexo foi feita através de diferenciação das gônadas (Holden & Raitt, 1974). Foram estimadas as relações peso e comprimento (Froese, 2006) e testadas as diferenças entre os sexos utilizando ANCOVA. As relações entre o raio do otólito e o comprimento total (RO – CT) foram estimadas (**Figure 2A**).

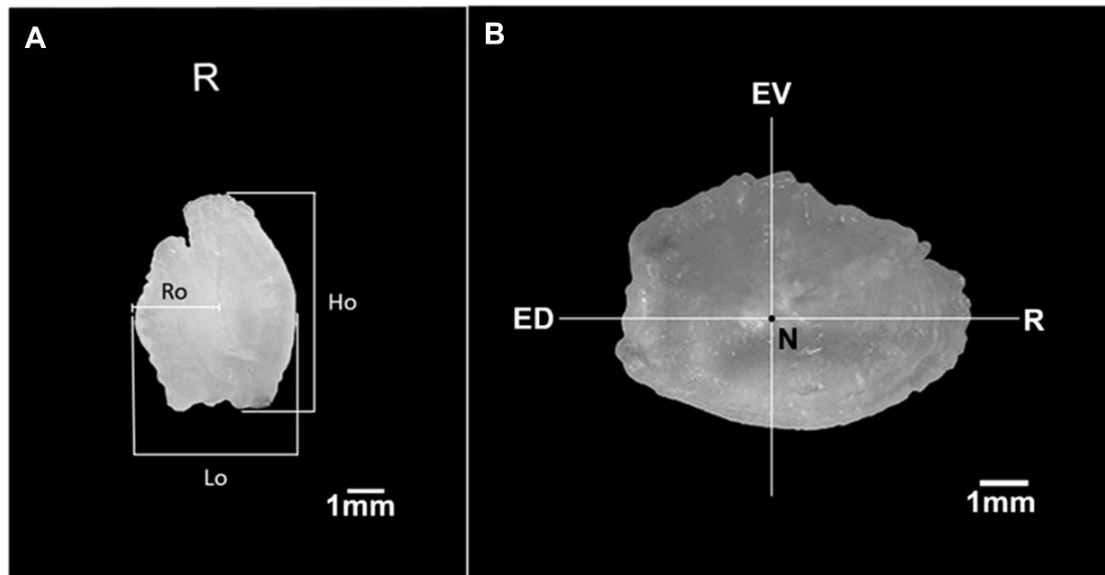


Figure 2. (A) Otólito indicando suas respectivas medidas: altura do otólito (Ho); largura do otólito (Lo) e o raio do otólito (Ro). E seus respectivos eixos: (B) Eixo ventral (EV); eixo dorsal (ED) e rostrum (R) do otólito *sagittae* de *Acanthurus coeruleus* capturado no litoral de Pernambuco.

Os otólitos *sagittae* foram removidos, limpos, emblocados em resina poliéster. Foi padronizado o otólito direito dos 261 indivíduos, que foram seccionados próximo a região do núcleo no eixo ventral (EV) (**Figure 2B**) em serra metalográfica de baixa velocidade, fixados em lâminas de vidro para microscopia com cola termoplástica. Em seguida, foram lixados com lixa d'água até próximo ao núcleo, e polidos em pó de óxido de alumina de diversas granulações (0,33 - 3 μ m). Posteriormente, com espessura final média de 200-350 μ m, as lâminas foram analisadas em esterosmicroscópio óptico sob luz transmitida para a visualização das bandas ou anéis periódicos. O eixo de leitura foi estabelecido no sentido a formar o maior eixo possível. Posteriormente, 22 otólitos foram preparados para as análises dos microincrementos (Secor *et al.*, 1992). Foram feitas lâminas finas com uma espessura final de 50 – 70 μ m seguindo o procedimento anterior. Os microincrementos foram contados do primórdio até a borda externa (Campana, 1992) utilizando um microscópio (Olympus Cx31) com uma ampliação de 400 – 1000x, no qual as imagens foram captadas e analisadas com um auxílio de um monitor.

Validação da periodicidade dos incrementos

Para a validação e deposição dos microincrementos, 10 indivíduos de *Acanthurus coeruleus* foram capturados em vida livre e transferidos para aquários de 40 a 60L dotados de sistema de circulação e filtragem fechada. Os padrões de qualidade da água foram

aferidos diariamente, entre eles: pH, salinidade, concentração de amônia, nitritos e nitratos, e com foto-período controlado de 12 de luz e 12 horas de escuro. A temperatura média foi mantida entre 26° a 27°C. Os exemplares foram alimentados com ração industrial à base de *Spirulina sp.* e macroalgas. O processo de marcação das estruturas rígidas (otólitos) foi realizado por baldeação por um período de 24 horas com concentração de 200mg/l de Alizarina (ALZ) (Geffen, 1992).

Após a marcação os animais foram mantidos em cativeiro por um período de 10 a 30 dias para verificação da deposição da marca gerada em data conhecida. Os otólitos marcados foram analisados com ultravioleta e luz incidente para a visualização da alizarina. A distância entre a marca com ALZ e a borda foi medida e o número de microincrementos nessa distância foi estabelecido utilizando uma ampliação de 1000x. A precisão da deposição das microestruturas foi validada estimando a relação entre o número de dias em que cada peixe permaneceu em cativeiro e o número de microincrementos após a marca. Foi realizado um teste *t* (Sokal & Rohlf, 1981) ($p=0,05$) a partir de uma regressão linear para verificar se os incrementos foram depositados diariamente (inclinação=1) e se a deposição ocorreu no primeiro dia (intercepto=0).

A periodicidade das macroestruturas foi avaliada a partir do incremento marginal relativo (MIR), com a caracterização da borda do otólito usada para fazer as inferências sobre o número e período de formação do anel (Newman & Dunk, 2003):

$$\text{MIR} = \frac{(R_t - R_n)}{(R_n - R_p)}$$

onde: R_t é o raio total da estrutura; R_n é a distância do foco da estrutura até a última marca; R_p é a distância do foco da estrutura até a penúltima marca.

O índice de porcentagem de erro médio (IAPE) (Beamish & Fournier, 1981) foi utilizado para comparação das leituras das idades:

$$\text{IAPE} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right]$$

onde N é o número de indivíduos amostrados; R é o número de leituras para o mesmo indivíduo; X_{ij} é a leitura i do indivíduo j ; X_j é a médias das leituras do indivíduo j .

Para a avaliação da precisão das leituras das microestruturas foi utilizado o cálculo de Coeficiente de Variação (CV) (Campana, 2001):

$$CV=100\% \times \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R \frac{(X_{ij}-\bar{X}_j)^2}{R-1}}}{\bar{X}_j}$$

onde, X_{ij} é a i - enésima leitura etária para o j -enésimo peixe; \bar{X}_j é a medidas de leituras para o j -enésimo peixe; R é o número de leituras realizadas.

Crescimento

Os dados de idade-comprimento foram ajustados seguindo a abordagem multi-modelos (Katsenevakis, 2006). Assim os comprimentos foram ajustados as idades (número de macroincrementos mais o número dos microincrementos) utilizando quatro modelos, von Bertalanffy (1) (Beverton & Holt, 1956); von Bertalanffy Generalizado (2) (Pauly, 1979); Gompertz (3) (Gompertz, 1825); Logístico (4) (Ricker, 1975).

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

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^p \quad (2)$$

$$L_t = L_\infty e^{-ae^{-kt}} \quad (3)$$

$$L_t = L_\infty (1 + e^{-k(t-t_0)})^{-1} \quad (4)$$

A seleção do modelo de melhor ajuste para o crescimento foi realizada por inferência multimodelos (IMM) selecionado a partir do Critério de Informação de Akaike (AIC), ajustados para pequenos tamanhos de amostras AICc (Burnham & Anderson, 2002; Hurvich & Tsai, 1989; Shono, 2000), no qual o melhor modelo é definido pelo menor valor do AICc:

$$AICc = n \log(\sigma^2) + 2k + \frac{2k(k+1)}{n-k-1}$$

onde, $\sigma^2 = \frac{SQR}{n}$, SQR consiste na soma residual dos quadrados, n é o tamanho da amostra e k é o número de parâmetros das regressões estimadas incluindo o σ^2 (número de parâmetros da equação do modelo mais um).

O melhor modelo foi classificado de acordo com o menor valor do $\Delta AICc$ dentre os modelos testados. Os modelos com $\Delta AICc > 10$ não apresenta praticamente nenhum suporte, já os modelos com $\Delta AICc < 2$ apresentam suporte substancial ao compararmos

com os modelos que se encaixam entre $4 < \Delta AICc < 7$ (Burnham & Anderson, 2002), sendo assim:

$$\Delta AICc = \Delta AICc_i - \Delta AICc_{min}$$

onde, o valor do $\Delta AICc$ indica a distância relativa entre o modelo mais parcimonioso entre a acurácia e precisão ($\Delta AICc_i$); e o modelo considerado ($\Delta AICc_{min}$).

Para quantificar a plausibilidade de cada modelo dado a um conjunto de candidatos, foi utilizado o peso de Akaike (w_i), em que o modelo mais “plausível” tem o maior peso, podendo ser interpretados como uma medida que evidência melhor o conjunto de modelos candidatos (Akaike, 1983; Buckland *et al.*, 1997; Burnham & Anderson, 2002) em que:

$$w_i = \frac{\exp(-0,5\Delta i)}{\sum_{r=1}^R \exp(-0,5\Delta r)}$$

onde, Δi é o $\Delta AICc$, o R é o número de modelos candidatos utilizada na análise.

RESULTADOS

Foram analisados 610 indivíduos de *Acanthurus coeruleus* de 3,75 a 41 cm de comprimento total com moda nas classes de 15 e 17cm dos quais 264 indivíduos fêmeas (CT \pm dp) ($20,36 \pm 4,92$ cm), 292 machos ($21,26 \pm 4,88$ cm) e 54 com o sexo indeterminado ($19,21 \pm 5,22$ cm) (**Figure 3**).

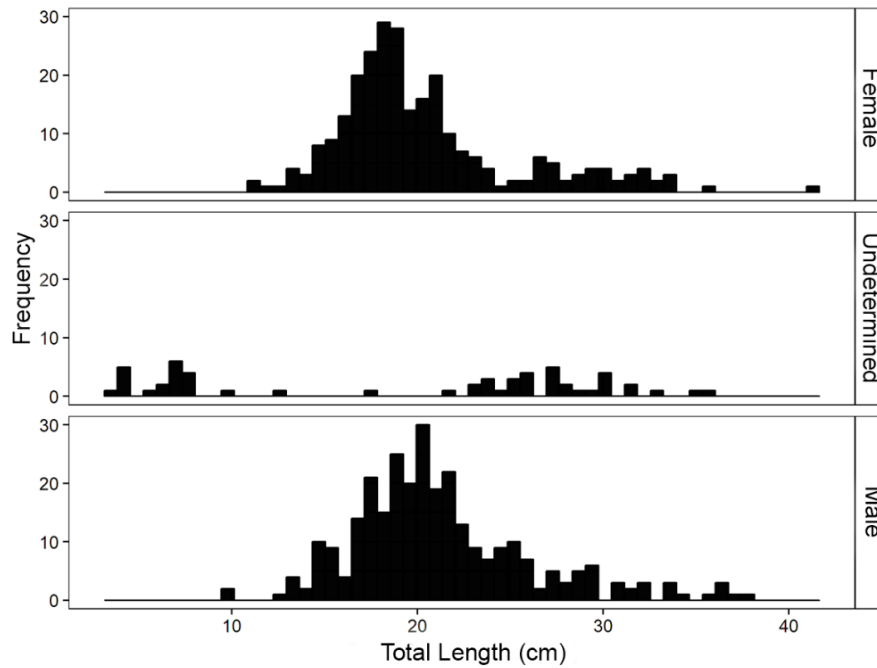


Figure 3. Distribuição de frequência por sexo para a caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturada no litoral norte de Pernambuco. Representados por fêmeas, indeterminados e machos, $n = 610$.

Foram estimadas as relações peso comprimento para os sexos agrupados e sexos separados, não ocorrendo diferenças significativas entre os sexos separados (ANCOVA; t -valor = 103,716; $p = 0,000$). Desse modo, a equação para os sexos agrupados foi de $Pt = 0,0150Ct^{3,1115}$. Obteve-se uma regressão linear entre o raio do otólito (RO) e o comprimento total (CT), no qual: $a=12,626$; $b=0,501$; $n= 261$, $r^2=0,810$ (**Figure 4A**).

Os leitores concordaram em 88,12% das leituras (230 lâminas seccionadas) e discordaram em 11,87% das leituras (31 lâminas seccionadas), resultando 3,69% de valor de IAPE (**Figure 4B**). Em relação ao gráfico de viés de erro nas leituras as análises das marcas periódicas (anéis anuais) apresentaram de 1 a 15 anéis periódicos (**Figure 5B**) ($a = 0,9488$; $b = 0,4057$; $r^2 = 0,8852$) e com um valor de IAPE de 3,69%.

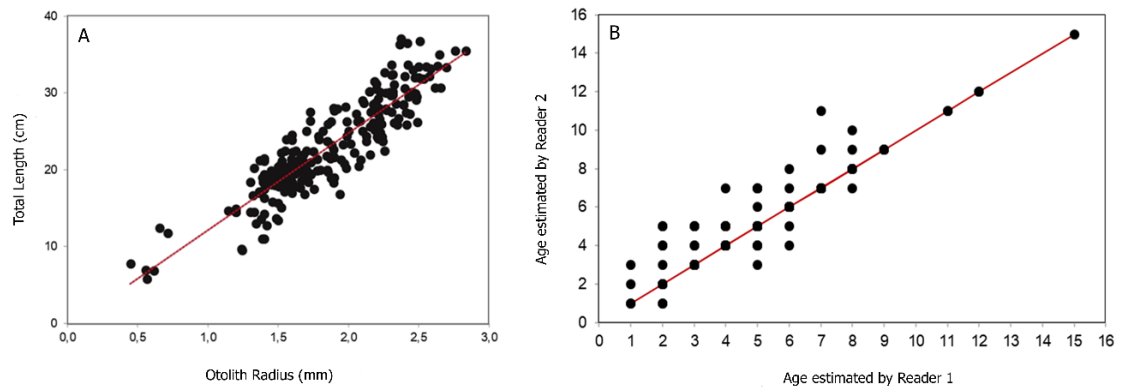


Figure 4. (A) Relação entre o raio do otólito (RO – mm) e o comprimento total (CT – cm); (B) Representação do viés de erro nas leituras das macroestruturas entre os leitores para caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturada no litoral norte de Pernambuco.

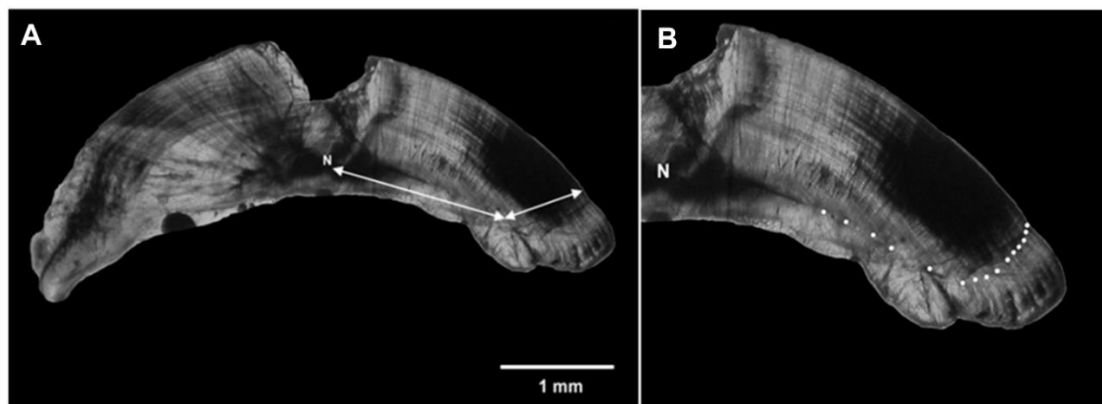


Figure 5. Otólito seccionado transversalmente de um indivíduo com 32 cm de comprimento total: (A) o eixo das leituras realizadas; (B) contagem das macroestruturas exibindo 15 anéis (macroincrementos) da caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturado no litoral norte de Pernambuco

Foram analisadas 11 lâminas para estudo dos microincrementos no qual indivíduos entre 5,8 a 13,7 cm de comprimento total exibiram microincrementos com diferentes larguras em diferentes zonas a partir do núcleo até a borda. Na primeira zona foram encontrados 42-75 microincrementos (média \pm dp) ($53 \pm 5,7 \mu\text{m}$). A segunda zona compreendeu o restante dos microincrementos até a borda. Os microincrementos presentes na segunda zona são mais estreitos do que na primeira zona, porém são de fácil visualização em indivíduos menores que 7 cm de comprimento total. O coeficiente de variação (CV) para as microestruturas foi de 3,063%.

A análise mensal do incremento marginal (MIR), apresentou diferença significativa (Kruskal-Wallis; $F=3,133$; $df=11$; $p=0,00619$), com valor máximo registrado no mês de junho e mínimo no mês de novembro. Sugere assim que a formação do anel ocorre no mês de novembro (Tukey = 0,022; $p<0,05$). Considerando que cada macroestrutura é formada anualmente no mês de novembro, com exceção dos dois primeiros

macroincrementos que a partir das análises em microincrementos correspondem a uma média de ~53 dias para o primeiro macroincremento e ~56 para o segundo.

Em 4 dos 10 indivíduos marcados, a marca de ALZ foi visível em indivíduos entre 4 e 6cm de CT. Após a marca de alizarina, foram feitas as contagens das microestruturas. Entretanto apenas 4 indivíduos foram analisados para a validação diária das microestruturas. Os indivíduos marcados sobreviveram 7 dias após a marcação, dentre esse intervalo de tempo foram formadas 7 microestruturas. Os coeficientes da reta que combina o número de dias ao número de microestruturas não são diferentes de 0 e 1 (Teste -t, $p > 0,05$), indicando um padrão diário para a deposição.

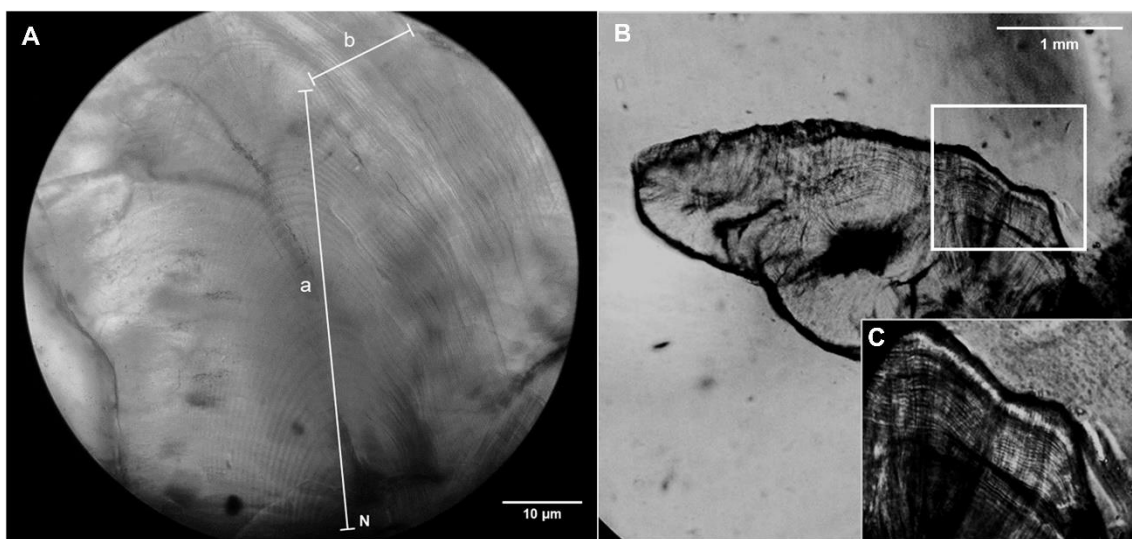


Figure 6. (A) Otólito seccionado de uma caraúna azul (*Acanthurus coeruleus*) capturada no litoral norte de Pernambuco, no qual: (a) área no qual as microestruturas são mais espaçadas e contendo anéis mais largos; (b) área após o primeiro anel no qual as microincrementos apresentam espessura menor; (B) otólito sagittae de *Acanthurus coeruleus* marcado com alizarina (ALZ); (C) marca de alizarina (ALZ) ampliada 400x, nesta região compreendendo entre a marca e a borda exibindo 7 anéis periódicos.

Os 261 otólitos seccionados, tiveram as contagens das microestruturas convertidas em anos tendo a idade máxima de 13,6 anos e a idade mínima de 0,22 anos, ou equivalente a 80 dias. O critério de informação de Akaike (AIC) (Akaike, 1974) indicou o melhor ajuste para as curvas com e sem as microestruturas para o *Acanthurus coeruleus*. O AICc foi utilizado para a seleção do melhor modelo, indicando o modelo de von Bertalanffy (VGBF) como o que propõe o melhor ajuste com base nas curvas estimadas com os macroincrementos (**Figure 7A**) e com a combinação dos micros e macroincrementos (**Figure 7B**), obtendo os menores valores de AICc com base na inferência de multi-modelos (IMM) (**Table 1**).

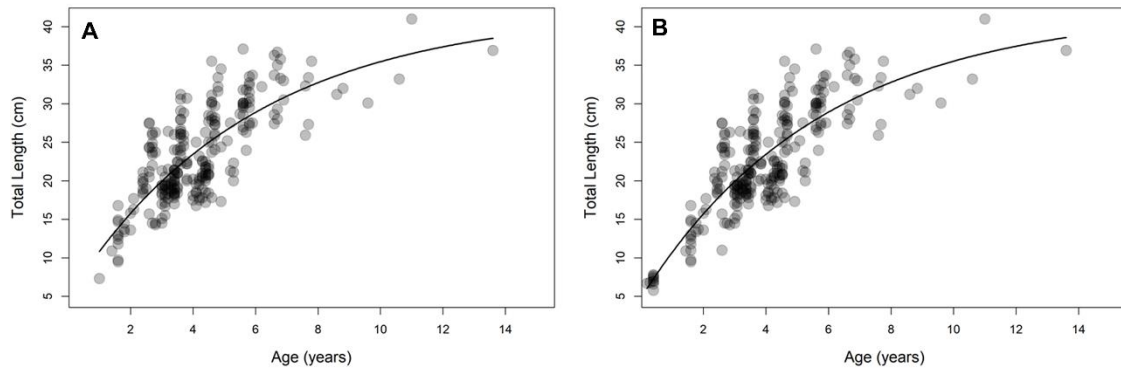


Figure 7. Modelo de von Bertalanffy para o *Acanthurus coeruleus* capturados no litoral norte de Pernambuco, no qual: (A) curva de VBGF com os macroincrementos; (B) curva de VBGF com os microincrementos e macroincrementos combinados.

Table 1. Ranking dos modelos a partir do critério de informação de Akaike (AIC) para a modelagem realizada com base nos micros e macroincrementos. No qual: número de parâmetros para cada modelo (K); diferença de Akaike ($\Delta AICc$); peso do critério AIC (w_i); Log-Likelihood (LL).

Modelos	K	AICc	$\Delta AICc$	w_i	LL
<i>A. coeruleus</i> : com micro e macroincrementos					
VBGF	4	1423,88	0,00	0,59	-707,86
VBGFg	5	1425,93	2,05	0,21	-707,84
Gompertz	4	1426,39	2,52	0,17	-709,12
Logístico	4	1430,17	6,29	0,03	-711,01
<i>A. coeruleus</i> : sem os microincrementos					
VBGF	4	1395,05	0,00	0,39	-693,44
VBGFg	5	1395,10	0,05	0,38	-692,43
Gompertz	4	1396,84	1,79	0,16	-694,33
Logístico	4	1398,30	3,25	0,08	-695,07

Table 2. Comparação entre os parâmetros dos modelos com os micros e macroincrementos. No qual: (K) número de parâmetros de cada modelo; comprimento máximo teórico (L_{∞}); taxa de crescimento (k); idade no comprimento zero (t_0) e intervalos de confiança ($IC_{(L_{\infty})}$; $IC_{(k)}$). $m=1,01$.

Modelos	K	L_{∞} (cm)	$IC_{(L_{\infty})}$	k	$IC_{(k)}$	t_0 (ano)
<i>A. coeruleus</i> : com micro e macroincrementos						
VBGF	4	42,006	35,368 - 48,644	0,173	0,113 - 0,232	-0,724
VBGFg	5	42,883	28,826 - 56,940	0,158	0,028 - 0,346	-0,585
Gompertz	4	37,325	33,379 - 41,271	0,317	0,241 - 0,394	1,590
Logístico	4	35,617	32,467 - 38,767	0,453	0,360 - 0,546	2,574
<i>A. coeruleus</i> : sem os microincrementos						
VBGF	4	40,64	33,773 - 47,520	0,191	0,111 - 0,271	-1,191
VBGFg	5	64,197	58,391 - 186,785	0,031	-0,150 - 0,213	0,815
Gompertz	4	37,942	33,183 - 42,700	0,303	0,211 - 0,394	1,601
Logístico	4	36,543	32,704 - 40,386	0,417	0,313 - 0,520	2,646

Os parâmetros fornecidos pelo modelo de VBGF (**Table 2**) é compatível com o comprimento total máximo obtido neste estudo (42 cm). Não houve diferenças significativas entre os parâmetros do modelo VBGF ($X^2 = 0,447$; $df=3$; $p=0,001$) para os sexos separados. Com isso para análises foram utilizados os parâmetros para os sexos agrupados.

DISCUSSÃO

A deficiência de dados robustos para estimar os parâmetros de crescimento muitas vezes é resultado de amostragens provenientes de pescarias comerciais, estando sujeitas a seletividade do aparelho de pesca. Aqui os indivíduos amostrados menores que 8 cm de comprimento foram capturados através de atividades de pesca em currais e mergulhos comerciais, já os indivíduos maiores que 8 cm de comprimento foram capturados com armadilha (covos). O comprimento dos indivíduos capturados com covos segue uma amplitude de tamanho que é determinada pela abertura da armadilha (sanga) e pelo tamanho da malha utilizada. O acesso a uma maior amplitude de dados de comprimento está basicamente relacionado a seletividade dos aparelhos de pesca (King, 2007), refletindo na necessidade de amostragens a partir de outras modalidades de pesca. Monitoramentos da pesca com covos realizados na década de 90 na região do Nordeste (Pernambuco e Rio Grande do Norte) mostram que as espécies da família Acanthuridae faziam parte uma fauna acompanhante e que eram descartadas ou consumidas em pequenas escalas e que no decorrer dos anos essas espécies que anteriormente eram descartadas passaram para a condição de alvo nessas pescarias (Ribeiro, 2006).

Essas capturas decorrentes das atividades de pesca dentro dos recifes de corais refletem no estado base das comunidades que compõem esses ecossistemas, as relações peso-comprimento (Froese, 2006) apresentam alometria positiva ($b = 3,111$), indicando um aumento na altura do corpo em função do comprimento do animal. Essa alometria é um fato característico dos Acanthurideos, que são descritos morfologicamente por serem peixes de pequeno e médio porte em comprimento quando relacionados com a altura do corpo, apresentando assim um formato mais oval e comprimido lateralmente (Randall, 2001).

Diversas variações nos padrões de crescimento em peixes tropicais ocorrem em escalas latitudinais e conforme o habitat. Entretanto pouca informação se sabe sobre a variação espacial na estrutura demográfica desses peixes recifais nos seus respectivos

graus de concordância entre as características demográficas e genéticas (Choat & Robertson, 2002). Por outro lado, as mudanças metabólicas correspondem a outro conjunto de fatores que ocasionam variações nesses padrões, demarcando eventos na história de vida desses animais como: abertura de boca (Moyano *et al.*, 2012; Mosegaard & Titus, 1987; Ding *et al.*, 2015); assentamento (Raventós & Macpherson, 2001; Victor, 1983) e maturação gonadal (Geffen *et al.*, 2002).

A maioria dos estudos desses padrões de idade crescimento em teleósteos são baseados nas interpretações dos macroincrementos contidas nos otólitos. Estudos anteriormente realizados de idade e crescimento para *Acanthurus coeruleus* (Satyro, 2006; Choat & Robertson, 2002; Mutz, 2006) baseiam-se nas interpretações dos macroincrementos. A partir desse ponto neste estudo foram analisadas a idade dos indivíduos amostrados apresentando marca periódica que foi estabelecida a partir das contagens dos microincrementos (anéis diários). As análises baseadas nas microestruturas dos otólitos de *A. coeruleus* exibiram diferentes larguras do núcleo até a borda, podendo ser diferenciadas em duas zonas: a primeira zona compreendendo de 42 – 75 ($53 \pm dp=7,97$) microestruturas (anéis diários) foi equivalente a primeira macroestrutura formada; e a segunda, compreendendo o restante até a borda. Isso sugere que a primeira zona seja responsável pelo período de assentamento para a espécie, já que os Acanthurideos apresentam estágio larval pelágico que dura aproximadamente 75 dias (Thresher, 1984); assentando a partir de 2cm (Foster, 1985), e recrutando com menos de 10cm de comprimento total (Sartor, 2015).

A partir da segunda zona há uma cessação aparente na periodicidade dessas microestruturas, que pode estar relacionada à formação de incrementos muito estreitos abaixo do limite das lentes do microscópio de luz (Morales-nin, 1988; Morales-Nin & Ralston, 1990). Essas diferenças nas larguras dos microincrementos diários é considerada proporcional ao crescimento dos peixes (Campana & Nielson, 1985). Em grande parte das espécies de teleósteos, as microestruturas diárias são muitas vezes estreitas na área que segue a marca de incubação, se expandindo e tornando mais distintos durante o crescimento do animal (Santana, 2007).

Este fato pressupõe que as estimativas realizadas com a inclusão do primeiro anel como anual pode provocar erros na avaliação da idade para essa espécie, isso implica que a periodicidade dos anéis de crescimento é considerada anual a partir do segundo macroincremento. As estimativas dos parâmetros de crescimento o a partir do uso de diferentes modelos foi utilizada em função da necessidade de um melhor ajuste em

contraste com uma escolha prévia para determinar o modelo adequado de crescimento (Santander-Neto, 2011). Os quatro modelos testados a partir do IMM (Inferência Multi-Modelo) baseados nos micros e macroincrementos, registrou a maior idade em 13,6 anos e a menor em 0,22 anos. O modelo de von Bertalanffy (VBGF) foi verificado como o modelo que ofereceu o melhor ajuste para as curvas com micro e macroincrementos combinados e com apenas os macroincrementos, mesmo não sendo um claro vencedor” ($w_i > 90\%$), entretanto obteve um peso (w_i) de aproximadamente 60%. Contudo a escolha do melhor modelo é bastante subjetiva, cabendo ao pesquisador analisar e interpretar a viabilidade dos parâmetros estimados em função de uma melhor avaliação para a espécie estudada (Katsanevaskis & Maravelias, 2008). Além disso o modelo de von Bertalanffy (VBGF) comumente é o mais utilizado em estudos de crescimento em peixes pela facilidade de comparação dos parâmetros com outros trabalhos (Satyro, 2008; Choat & Robertson, 2002; Mutz, 2006).

As divergências encontradas nos parâmetros estimados do modelo de von Bertalanffy (VBGF) referentes aos encontrados neste estudo ($L_\infty = 42,0$ cm (CT); $k = 0,17$; $t_0 = -0,72$) (**Table 3**) podem ter diferentes origens e suas estimativas fortemente afetadas pela ausência e presença de indivíduos novos e velhos (Campana, 2001; Cailliet & Goldman, 2004). Essa presença de indivíduos novos e velhos nas amostras estudadas pode ser explicadas pela pressão da pesca atuante nas determinadas localidades, no qual os estudos realizados pelo Choat & Robertson (2002) e pelo Mutz (2006) obtiveram indivíduos amostrados em ilhas mais isoladas das atividades de pesca. Visto que uma das questões fundamentais nas estimativas de crescimento é justamente o grau de plasticidade estatística em distribuições mais amplas nos intervalos de comprimento (Choat & Robertson, 2002) e a ausência podendo estimar parâmetros fortemente tendenciosos.

Table 3. Tabela comparativa entre os parâmetros do modelo de crescimento de von Bertalanffy (VBGF) e amplitude de comprimento para os respectivos estudos com *Acanthurus coeruleus*. *Comprimento Padrão (CP); **Comprimento Zoológico (CZ).

Autor	<i>n</i>	L_∞ (cm)	<i>K</i>	t_0 (ano)	Comp. (cm)
CHOAT (2002)	110	18,3	0,47	-0,31	3,0 – 20,6 (CP*)
MUTZ (2006)	105	20,3	1,01	-0,14	3,2 – 25,0 (CZ**)
SATYRO (2008)	195	52,2	0,08	-0,14	4,9 – 29,9 (CP*)
Presente Estudo (2018)	261	42,0	0,17	-0,72	3,75 – 41,0 (CP*)

O modelo de VBGF do presente estudo consiste no intervalo amostral mais amplo e representativo, em que o $L_{\infty} = 42,0$ cm (CT) estimado adquiriu um valor mais próximo da realidade do maior indivíduo coletado. No geral as análises combinadas com os micros e macroincrementos em otólitos sagittae foram consideradas adequadas na avaliação da idade para *A. coeruleus*, evitando a superestimação da idade. Além do mais, o estudo de validação desses microincrementos ressalta a importância desta análise de forma a estabelecer estimativas mais precisas da longevidade para esta espécie. A elucidação desses fatos torna a presente estimativa da curva VBGF ($L_{\infty} = 42,0$ cm (CT); $k = 0,17$; $t_0 = -0,72$) mais adequada para o *Acanthurus coeruleus*. A análise do crescimento baseada nos microincrementos e maroincrementos é de grande importância para a determinação da idade e história de vida da espécie. Existe uma possibilidade de que muitas espécies de peixes recifais possam ser de longa duração, ou não, e que os padrões de crescimento exibidos não sejam demonstrados com tanta clareza de acordo com os protocolos analíticos tradicionais (Choat & Robertson, 2002). Em geral os resultados obtidos neste estudo têm implicações diante das avaliações referentes aos estoques de *A. coeruleus* de modo a serem monitoradas, regulamentadas e geridas em função do grau de importância desses animais nos ecossistemas recifais.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq atribuiu a RPTL uma produtividade reasearch Grant (Proc: 306672/15).

REFERÊNCIAS

- Geffen A. J.; DE Pontual H., Wright P.J., Mosegaard H.** (2002) Sclerochronological studies: Life history events. In. Manual of sclerochronology, pages 99-104. IRD; IFREMER. URL <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010043029>.
- Akaike H.** (1974) A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.
- Akaike H.** (1983) Information measures and model selection. *International Statistical Institute*, vol. 44, p. 277-291.
- Araújo M.E. and Albuquerque-Filho A. C.** (2005) Biologia das principais espécies de peixes ornamentais marinhos do Brasil: Uma revisão bibliográfica e documental. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, Recife, v. 13, n. 1, 109-154.
- Bagenal T.B. and Tesch F.W.** (1978) Age and growth. In Bagenal T.B. (ed) Methods for assessment of fish production in fresh waters. 3rd Edition. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, UK.
- Beamish R.J. and Fournier D.A.** (1981) A method for comparing the precision of a set of age determination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 982–983.
- Bell T. and Kramer D. L.** (2000) Territoriality and habitat use by juvenile blue tangs, *Acanthurus coeruleus*. *Environmental Biology of Fishes*, 58(4), 401–409. <https://doi.org/10.1023/A:1007653318174>.
- Benjamin C. Victor.** (1983) Settlement and larval metamorphosis produce distinct marks on the otoliths of the slippery dick, *halichoeres bivittatus*. In The ecology of deep and shallow coral reefs. National Oceanic and Atmospheric Administration, Rockville. Symposium series in undersea research, volume 1, pages 47-51.
- Beverton R. J. H. and Holt S. J.** (1956) A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. *Rapp. P-v. Réun. CIEM*.140, 67-83. 1956.
- Bridget S. Green, Bruce D. Mapstone, Gary Carlos, Gavin A.** (2009) Begg. Introduction to otoliths and _series in the tropics. *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology*, pages 1-22.
- Buckland S. T., Burnham K. P. and Augustin, N. H.** (1997) Model selection: an integral part of inference. *Biometrics*, vol. 53, p. 603-618. Link: <http://dx.doi.org/10.2307/2533961>.
- Burnham K. P. and Anderson D. R.** (2002). Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach (2nd ed). *Ecological Modelling* (Vol. 172). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.11.004>
- Cailliet G. M. and Goldman K. J.** (2004). Age Determination and Validation in Chondichthyan Fishes. *Biology of Sharks and Their Relatives*. <https://doi.org/10.1201/9780203491317.pt3>

- Campana S. E.** (2001). Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of. *Journal of Fish Biology*, 59, 197–242. <https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1668>
- Campana S. E. and Neilson J. D.** (1985) Microstructures of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42: 1014 – 1032.
- Campana S. E., Annand, M. C. and James I.** (1995) Transactions of the American Fisheries Society Graphical and Statistical Methods for Determining the Consistency of Age Determinations. Transactions of the American Fisheries Society 124, p.131-138.
- Chengzhi Ding, Yifeng Chen, Dekui He, Juan Tao.** (2015) Validation of daily increment formation in otoliths for *Gymnocypris selincuoensis* in the tibetan plateau, china. *Ecology and Evolution*, 5(16):3243–3249.
- Choat, J. H. and Robertson, D. R.** (2002) Age-Based Studies on Coral Reef Fishes. In: Sale P.F., Ed. Coral Reef Fishes: Dynamics and Diversity in a Complex Ecosystem. *Academic Press*, San Diego. 57-80 pp.
- Craig, P.** (1996) Intertidal territoriality and time-budget of the surgeonfish, *Acanthurus lineatus*, in American Samoa. *Environmental Biol. Fish.* 46: 27–36.
- Ferreira, C. E. L. et al.** (2004) Trophic structure patterns of Brazilian reef fishes: a latitudinal comparison. *Journal of Biogeography*, vol. 31, pp. 1093–1106.
- Foster, S. A.** (1985) Group foraging by a coral reef fish: a mechanism for gaining access to defended resources. *Animal Behaviour*, 33(3), 782–792. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(85\)80011-7](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(85)80011-7). 1985
- Froese R.** (2006) Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal. Appl. Ichthyol.* 22, 241-253
- Garrison V. H., Rogers C. S., and Beets, J.** (1998) Of reef fishes, overfishing and in situ observation of fish traps in St. John, US Virgin Islands. *Revista de Biologia Tropical* 46: 41–59.
- Gauldie R., W. and Nelson, D., G., A.** (1990) Otolith growth in shes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 97(2):119-135.
- Gompertz, B.** (1825) On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new method of determining the value of life contingencies. *Philos. Trans. R. Soc. London*, London, v.115, p.513-585.
- Guillermo Moyano, Guido Plaza, and María Isabel Toledo.** (2012) Otolith microstructure analysis of rainbow trout alevins (*Oncorhynchus mykiss*) under rearing conditions/analysis de la microestructura de otolitos en alevines de trucha arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) en cautiverio. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(3):722.

- Henrik Mosegaard and R Al Titus.** (1987) Daily growth rates of otoliths in yolk sac fry of two salmonid species at different temperatures. In Proceedings of the V Congress in European Ichthyology, Stockholm, pages 221-227.
- Hiatt R. W. and Strasburg D. W.** (1960) Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecol. Monogr.* 30, 65–127.
- Holden M. J. and Raitt D. F. S.** (1974) Manual of Fisheries Science Part 2 – Methods of Resource Investigation and their Application. *FAO Fisheries Technical Paper* 115 Ver. 1.
- Hurvich Cm. and Tsai Cl.** (1989) Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, vol. 76, p. 297-307. Link: <http://dx.doi.org/10.1093/biomet/76.2.297>.
- Jones, R.S.** (1968) Ecological relationships in Hawaiian and Johnson Island Acanthuridae (surgeonfishes). *Micronesica* 4, 309–361.
- Katsanevakis, S.** (2006) Modelling fish growth: Model selection, multi-model inference and model selection uncertainty. *Fisheries Research*, v. 81, n. 2–3, p. 229–235.
- Katsanevakis S. and Maravelias C. D.** (2008) Modelling fish growth: Multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and Fisheries*, 9(2), 178–187. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00279.x>
- King M. G.** (2007) Fisheries biology, assessment, and management – 2nd ed. Blackwell Publishing. 399 p.
- Lessa, R. P. T.; Duarte-Neto, P.; Morize, E., and Maciel, R.** (2008) Otolith Microstructure Analysis with OTC Validation Confirms Age Overestimation in Atlantic Thread Herring *Opisthonema oglinum* from NorthEastern Brazil, *Journal of Fish. Biology*, vol. 73, pp. 1690–1700.
- Marques, S.; Ferreira, B. P.** (2010) Composição e características da pesca de armadilhas no litoral norte de Pernambuco - Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, v. 18, p. 23-34, 2010.
- Morales-Nin B. and Ralston S.** (1990) Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsk.) in Hawaiian Waters. *Journal of Fish Biology* 36, p. 191 – 203.
- Morales-Nin B.** (1998) Caurion in the use of daily increments for ageing tropical fishes. *Fishbyte* 6, p. 5-6.
- Munro J. L.** (1974). The mode of operation of Antillean fish traps and the relationships between ingress, escapement, catch and soak. *J. Conserv. CIEM* 35: 337–350
- Mutz Stephanie J.** (2006) Comparative growth dynamics os Acanthurid fishes. Masters (Research) thesis, James Cook University. URL: <http://eprints.jcu.edu.au/2133>
- Nañola C. L. Jr., Aliño P.M., Carpenter K. E.** (2011) Exploitation-related reef fish species richness depletion in the epicenter of marine biodiversity. *Environmental Biology of Fishes* 90: 405–420.

- Newman S. J., Dunk I. J.** (2003) Age validation, growth, mortality, and additional population parameters of the goldband snapper (*Pristipomoides multidens*) off the Kimberley coast of northwestern Australia. *Fish. Bull.* 101, 116–128.
- Núria Raventós, Enrique Macpherson.** (2001) Planktonic larval duration and settlement marks on the otoliths of mediterranean littoral fishes. *Marine Biology*, 138(6):1115-1120.
- Panella G.** (1971) Fish Otoliths: Daily Growth Layers and Periodical Patterns. *Science*, 173:1124- 1127.
- Pauly D.** (1979) Gill Size and Temperature as Governing Factors in Fish Growth: A Generalization of von Bertalanffy's Growth Formula. *Berichte aus dem Institute fuer Meereskunde* 63, Kiel University, Kiel, Germany.
- Randall J. E.** (2001) Surgeonfishes of Hawai'i and the World. Honolulu, Hawaii: Mutual Publishing and Bishop Museum Press.
- Randall J.E.** (2005) A review of mimicry in marine fishes. *Zoological Studies*, vol. 44, pp. 299–328.
- Ribeiro F. P.** (2006) A pesca de peixes demersais com armadilhas no Nordeste do Brasil. In: Ferreira, B. P.; Maida, M. (Eds). Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. Brasília: MMA, p.71-72.
- Ricker W.E.** (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191, 1-382.
- Robertson D. R., Polunin N. C., Leighton K.** (1979) The behavioural ecology of the Indian Ocean surgeonfishes (*Acanthurus lineatus*, *A. leucosternum*, and *Zebrasoma scopas*): their feeding strategies, and social and mating systems. *Env. Biol. Fish.* 4: 125–170.
- Robertson D. R., Sweatman H. P. A., Fletcher E. A., Cleland M. G.** (1976) Schooling as a mechanism for circumventing the territoriality of competitors. *Ecology*, 57, 1208-1220.
- Robertson D. R., Gaines S. D.** (1986) Interference competition structures habitat use in a local assemblage of coral reef surgeonfishes. *Ecology*, 67: 1372–1383. 1986.
- Robertson D. R.** (1998) What determines abundances of adult surgeonfishes on patch-reefs in Caribbean Panama. *Marine Biology*, 97: 495–501.
- Sabater M. G., Carroll B. P.** (2009) Trends in Reef Fish Population and Associated Fishery after Three Millennia of Resource Utilization and a Century of Socio-Economic Changes in American Samoa. *Reviews in Fisheries Science*, 17(3), 318–335. 2009. <https://doi.org/10.1080/10641260802702872>
- Santana Da Silva F. M.** (2007) Biologie, Pêche et Dynamique de la Population de Mulet Blanc (*Mugil curema*, Valenciennes, 1836) de Pernambuco – Brésil, 278.
- Santander-Neto J.** (2011) Idade e crescimento do tubarão lombo preto, *Carcharhinus falciformes*, capturado no Atlântico sudoeste tropical. 59 f.: il. Dissertação

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

Sartor D. (2015). Dinâmica temporal e influência de variáveis ambientais no recrutamento de peixes recifais do Banco dos Abrolhos, Brasil. *Usp*, 50.

Satyro M. C. A. (2008) Reprodução, idade e crescimento da caraúna-azul *Acanthurus coeruleus* (Actinopterygii: Acanthuridae) em Pernambuco – Recife, 87 folhas, il., fig., tab. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife.

Secor D., Dean J. M., Laban E. H. (1992) Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination. 19-57pp. In: Stevenson, D. K. & Campana, S E. Eds. Otolith Microstructure Examination and Analyses. Can. Spec. Publ. Aquat. Sci. 117p.

Semmens B. X., Brumbaugh D. R., Drew J. A. (2005). Interpreting space use and behavior of blue tang, *Acanthurus coeruleus*, in the context of habitat, density, and intra-specific interactions. *Environmental Biology of Fishes*, 74(1), 99–107. <https://doi.org/10.1007/s10641-005-6467-z>

Shono H. (2000) Efficiency of the finite correction of Akaike's information criteria. *Fisheries Science*, vol. 66, p. 608-610. Link: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1444-2906.2000.00095.x>

Sokal R. R. and Rohlf F. F. (1981) *Biometry*. New York, NY: W. H. Freeman.

Sparre P. and Venema S. C. (1997) Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais. Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico sobre as pescas. no. 306/1, 404 pp.

Stockwell B., Jadloc C. R., Abesamis R. A., Alcalá A. C., Russ G. R. (2009) Trophic and benthic responses to no-take marine reserve protection in the Philippines. *Marine Ecology Progress Series* 389: 1–15.

Thresher R. E. (1984) *Reproduction in Reef fishes*. T.F.H. Publications, Neptune City, 339p.

3. NORMAS DA REVISTA JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION (JMBA)

JOURNAL OF THE MARINE BIOLOGICAL ASSOCIATION

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Manuscripts submitted to the *JMBA* must be original, not under consideration elsewhere and approved by all authors and institutions prior to submission. Papers should be written in clear succinct English and sentences must not start with an abbreviation. Acronyms must be written in full on their first occurrence and SI units should be used. Scientific names must be italicized (not underlined) and their first mention after the Abstract must be followed by the Authority and date in parenthesis when appropriate. Manuscripts should be arranged in the following order: Running Head, Title, Author(s), Address(es), Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References, Figure Legends, Tables and Appendices.

Manuscripts which do not comply with publication standards of written English will be rejected on submission. Cambridge recommends that authors have their manuscripts checked by an English language native speaker before submission; this will ensure that submissions are judged at peer review exclusively on academic merit. We list a number of third-party services specialising in language editing and / or translation, and suggest that authors contact as appropriate. Use of any of these services is voluntary, and at the author's own expense. www.cambridge.org/core/services/authors/language-services

Please note that the journal uses software to screen papers where there is reason to believe that material may not be original. By submitting your paper you are agreeing to any necessary originality checks your paper may have to undergo during the peer review and production processes.

Letters to the editor. Letters are invited that discuss or comment on papers published in the Journal. They should not, however, be used as a means of publishing new work. Letters should have no more than 10 references and should not contain figures or tables. Acceptance will be at the discretion of the Editorial Board, and editorial changes may be required. Wherever possible, letters from responding authors will be included in the same issue.

Submission. Please submit the manuscript for review to:

<http://mc.manuscriptcentral.com/jmba>

Suggested reviewers. Please suggest the names, institutions and e-mail addresses of up to four potential reviewers. Suggested reviewers should be selected from an INTERNATIONAL (at least three different countries) and not a LOCAL (from author(s) own country or laboratory) group of scientists in the research field of the paper.

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

Preparation. The *JMBA* invites contributions as:

1. Research articles + figures + tables.
2. Reviews of current topics of interest.

E-mail. Please provide an e-mail address for the corresponding author. This will appear on the title page of each article.

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

Authors addresses should follow the title. Use superscript numbers to indicate different addresses.

Abstracts (italic font). A concise abstract should outline the scope, main results and conclusion(s) of the paper without discussion or authorities associated with species. Species name(s) will be roman (normal).

Keywords. Please provide up to ten key words.

Headings. Follow the style and hierarchy for each section as shown below (but see later for taxonomy):

INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS (1st heading, upper case, left justified).

RESULTS (1st heading, upper case, left justified) then:

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

ACKNOWLEDGMENTS (1st heading, upper case, left justified). You may acknowledge individuals or organizations that provided advice, support (non-financial). Formal financial support and funding should be listed in the following section.

FINANCIAL SUPPORT. Please provide details of the sources of financial support of all authors, including grant numbers. For example, ‘This work was supported by the Medical Research Council (grant number XXXXXXXX)’. Multiple grant numbers should be separated by a comma and space, and where research was funded by more than one agency, the different agencies should be separated by a semi-colon, with ‘and’ before the final funder. Grants held by different authors should be identified as belonging to individual authors by the authors’ initials. For example, ‘This work was supported by the Wellcome Trust (A.B., grant numbers XXXX, yyyy), (C.D., grant number ZZZZ); the Natural Environment Research Council (E.F., grant number FFFF); and the National Institutes of Health (A.B., grant number GGGG), (E.F., grant number HHHH)’. Where no specific funding has been provided for research, please provide the following statement: ‘This research received no specific grant from any funding agency, commercial or not-for-profit sectors’.

Text files should be submitted as line-numbered Microsoft Word files and should include figure legends.

Figures submission. IMAGES should be submitted as tif (preferably), jpg or png file-types. FIGURES SUPPLIED AS EMBEDDED OBJECTS IN MICROSOFT WORD OR AS PDF FILES CANNOT BE ACCEPTED. To ensure adequate print quality, please submit greyscale tif files NO LESS than 1200 pixels wide and NO MORE than 2500 pixels wide. These correspond to 300 dpi (118 pixels/cm) resolution at single (8.5 cm) and double (17.5 cm) column size respectively. The width should be checked in image editing software such as Photoshop, PaintShop Pro etc. Very high resolution images

should be reduced to 2500 pixel width BEFORE submission to avoid uploading problems during submission. Colour images cost £200 (GBP) per page in print but are free in the online version. To have a colour image online and a greyscale version in print it is ESSENTIAL to submit BOTH greyscale and colour versions. THE JOURNAL WILL NOT CONVERT COLOUR IMAGES TO GREYSCALE. If you request colour figures in the printed version, you will be contacted by CCC-Rightslink who are acting on our behalf to collect Author Charges. Please follow their instructions in order to avoid any delay in the publication of your article. Failure to follow these guidelines may delay the processing of manuscripts. The bit depth should be set to 2-colour (1 bit) for black and white line drawings or greyscale (8 bit) for images incorporating shades of grey. Colour images may be of whichever depth is most suitable. Halftones should be grouped as composites or as individual pictures and a scanned electronic version submitted with the revised text. All figures should be labelled with a medium weight sans serif font of an appropriate size to result in 8 point (3.33 mm) type when reduced to published size. If figures are in parts, please label with upper case letters (A, B, C etc.) in the top left corner of each part.

The *JMBA* uses a different colour image for the cover of each new Issue. If you exclusively hold copyright in a high quality image either used within your accepted article, or directly related to it, that you believe might make a suitable cover image, please highlight on article submission. The Journal will then contact you should it wish to discuss further.

Tables should be submitted as Microsoft Word tables. The journal cannot accept text formatted with tab characters or images of tables embedded in word files.

Tables should not be excessive in size and headed by informative legends. Legend, headings and footnote are delimited by horizontal lines as shown in the example below; table headers are centred and roman (normal) typeface. Column headings are bold. The table below gives an example of layout:

Citation on literature. References in the text should refer to the author's name (no initials) and year of publication. Two authors should be cited using '&' (Rainbow & Dellinger, 1993); for more than two authors, the name of the first author followed by '*et al.*' (Lallier et al., 1987). When citing more than one publication use date order and a

semi-colon as a separator, e.g. (Mykels & Skinner, 1985a, b; Skinner, 1996; Gorind *et al.*, 1997). The manuscript should be carefully checked to ensure the details of authors and dates cited in the text exactly match those in the reference list. Cross checking of references in the text to the cited literature and vice versa is the responsibility of the author. All literature quoted in the text must be listed in alphabetical and chronological order of author names at the end of each manuscript. When more than one publication with the same first author is cited the following order alphabetically applies: (a) single author, according to publication dates; (b) same author and one co-author; (c) same author and more than one co-author. The style follows the full name according to the 'World List of Scientific Periodicals' latest edition, London. Titles of journals must be written in **FULL** (not abbreviated) and references to books should include the place of publication and the publisher.