

SANTIAGO HAMILTON

BIOLOGIA REPRODUTIVA E HÁBITO ALIMENTAR DO BEIJUPIRÁ *Rachycentron*
canadum (Linnaeus, 1766), COMO BASE PARA O DESENVOLVIMENTO DA
PISCICULTURA MARINHA

RECIFE

2017



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

BIOLOGIA REPRODUTIVA E HÁBITO ALIMENTAR DO BELJUPIRÁ *Rachycentron*
canadum (Linnaeus, 1766), COMO BASE PARA O DESENVOLVIMENTO DA
PISCICULTURA MARINHA

Santiago Hamilton

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

Prof. Dr. William Severi
Orientador

Recife
Agosto/2017

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

H217b Hamilton, Santiago
 Biologia reprodutiva e hábito alimentar do beijupirá *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), como base para o desenvolvimento da piscicultura marinha / Santiago Hamilton. – 2017.
 115 f. : il.

 Orientador: William Severi
 Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-PE, 2017.
 Inclui referências e apêndices.

 1. Rachycentridae 2. Maricultura 3. Peixes marinhos 4. Reprodução animal 5. Peixes-Alimentação e rações I. William Severi, orient. II. Título

CDD 639.3

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

BIOLOGIA REPRODUTIVA E HÁBITO ALIMENTAR DO BEIJUPIRÁ *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), COMO BASE PARA O DESENVOLVIMENTO DA
PISCICULTURA MARINHA

Santiago Hamilton

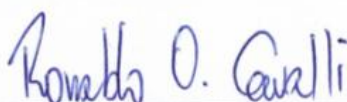
Tese julgada adequada para obtenção do título de doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida em 02/08/2017 e aprovada pela seguinte Banca Examinadora:



Prof. Dr. William Severi
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Profa. Dra. Flávia Lucena Frédou
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Ronaldo Olivera Cavalli
Departamento de Oceanografia
Universidade Federal do Rio Grande



Profa. Dra. Patrícia Barros Pinheiro
Departamento de Educação - Campus VIII
Universidade do Estado da Bahia



Profa. Dra. Sigrid Neumann Leitão
Departamento de Oceanografia
Universidade Federal de Pernambuco

Dedicatória

*Com amor para Susana e Mario, e
Ana, Diego e Bernardo.*

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e aos seus professores pelas oportunidades e conhecimentos transmitidos.

Ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq/UFRPE) e seus funcionários (Telma & Cia.) pelo auxílio durante toda a minha trajetória no Departamento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas durante a realização da pesquisa (Processos nº 200027/02-6 e 140984/2005-4).

Ao Professor Dr. William Severi pela orientação e, acima de tudo, pela confiança, estímulo e amizade durante estes anos de convivência.

Aos membros da Banca Examinadora, composta pelos professores: Dr. William Severi (orientador), Dra. Flávia Lucena Frédou (titular), Dr. Ronaldo Olivera Cavalli (titular), Dra. Patrícia Barros Pinheiro (titular), Dra. Sigrid Neumann Leitão (titular), Dr. Dráusio Pinheiro Vêras (suplente) e Dr. Paulo Guilherme Vasconcelos de Oliveira (suplente), pela disponibilidade em participar da Banca e pelas valiosas contribuições.

Aos professores e amigos do DEPAq/UFRPE, Fábio Hazin, Flávia Lucena Frédou, Paulo Travassos, Roberta Soares, Ronaldo Cavalli (agora FURG), Silvio Peixoto e Thierry Frédou, que contribuíram de diversas maneiras para que este trabalho fosse desenvolvido e concluído, e pelos momentos de descontração, alegria...

Aos colegas e amigos Ronaldo Barradas, Ernesto Domingues, Teodoro Vaske Jr., Mariana Rego e Andréa Viana pela inestimável colaboração nos trabalhos de campo e/ou análises.

Foram tantas as pessoas que contribuíram de algum modo para que eu chegasse até aqui que, para não cometer a injustiça de esquecer-me de citar alguém, agradeço aos membros dos laboratórios que integrei durante todo o processo de formação: Laboratório de Oceanografia Pesqueira, Laboratório de Ictiologia e Laboratório de Piscicultura Marinha; e outros com os quais também convivi e aprendi: Laboratório de Tecnologia em Aquicultura e Bioimpact.

Finalmente, agradeço todo o carinho, amor, paciência e compreensão que minha esposa, Aninha, e meus filhos, Diego e Bernardo, sempre (ou quase sempre) tiveram comigo.

Muitíssimo obrigado a todos!

Resumo

O beijupirá *Rachycentron canadum* vem se destacando como uma excelente espécie para a piscicultura marinha, entretanto pouco se conhece acerca da sua biologia no Brasil. O presente trabalho tem como objetivo descrever a biologia reprodutiva e o hábito alimentar do beijupirá, na região Nordeste do Brasil. O trabalho foi realizado entre fevereiro/2004 e agosto/2006, com exemplares procedentes da pesca artesanal e esportiva, com comprimento total entre 42,0 e 141,0 cm ($\bar{x}$ = 95,8 cm) e peso total entre 0,4 e 29,8 kg ($\bar{x}$ = 7,5 kg). Foram avaliadas o tipo e época da desova, o tamanho de primeira maturação, a fecundidade, a importância de cada item alimentar na dieta da espécie pelo índice de importância relativa (IIR) e a estratégia alimentar. A análise histológica de 99 gônadas (42 fêmeas e 57 machos) evidenciou a presença de fêmeas maduras em todos os bimestres do ano. O tamanho de primeira maturação (L_{50}) para as fêmeas foi de 69,8 cm comprimento zoológico (CZ), com 100% das fêmeas adultas na classe de comprimento acima de 90-100 cm CZ. A fecundidade do lote variou de 192.063 a 1.600.513 e a fecundidade relativa média do lote foi de 32,9 a 104,8 ovócitos/grama de peso da fêmea. Foram analisados 110 estômagos (54 fêmeas e 56 machos), sendo 92 (83,6%) com algum item alimentar e 18 (16,4%) vazios. Os peixes ósseos foram os principais itens consumidos na dieta alimentar, com 98,7% do IIR, entre os quais a mariquita (*Holocentrus adscensionis*), com 30,7%, e o baiacu (*Diodon* sp.), com 8,2%, foram as presas mais consumidas. A dieta foi composta, ainda, por elasmobrânquios, crustáceos e cefalópodes (<1% IIR cada). A dieta não apresentou variação entre os sexos e tamanho (< ou $\geq$ 69,8 cm de comprimento zoológico, L_{50} estimado para a espécie). Os dados analisados demonstram que, na costa de Pernambuco, Brasil, o beijupirá se reproduz de forma parcelada ao longo do ano, porém com picos entre janeiro e abril, época em que são verificados os índices gonadosomáticos mais elevados para as fêmeas, e que é um predador carnívoro com preferência por peixes ósseos demersais, independente do tamanho e sexo dos indivíduos analisados.

Palavras-chave: Rachycentridae; Reprodução; Alimentação; Maricultura; Peixe Marinho

Abstract

Cobia Rachycentron canadum is considered an excellent species for marine aquaculture. However, little is known regarding its biology in the coastal waters of Brazil. The aim of the present study was to describe the reproductive biology and feeding habits of cobia along the coast of Pernambuco state (northeastern Brazil). The work was carried out between February / 2004 and August / 2006, with samples collected from artisanal and sport fishing. Total length ranged from 42.0 to 141.0 cm (mean and standard deviation: 95.8 ± 19.8 cm) and total weight ranged from 0.4 to 29.8 kg (7.5 ± 4.3 kg). The type and time of spawning, length at first maturity (L_{50}) and fecundity was evaluated. Furthermore, it was analyzed the food strategy and the importance of each food item in the diet using the index of relative importance (IRI). Histological analysis of the 99 gonads (42 females and 57 males) evidenced the presence of mature females throughout the year. Length at 50% maturity was 69.8 cm of furcal length (FL) for females, with 100% of adult females in the length class of length above 90-100 cm FL. Batch fecundity ranged from 192,063 to 1,600,513 oocyte and the mean relative batch fecundity was 32.9 to 104.8 oocytes / gram of female weight. A total of 110 stomachs were analyzed (54 females and 56 males), 92 (83.6%) contained food items and 18 (16.4%) were empty. Bony fish were the main food item (IRI = 98.7%). The squirrelfish (*Holocentrus adscensionis*) and porcupine fish (*Diodon* sp.) were the most frequent prey items (30.7% and 8.2% IRI, respectively). Elasmobranchs, crustaceans and cephalopods were also present in small proportions (IRI < 1% for each). No significant differences in diet were found between sexes or size classes (zoological length: < or $\geq$ 69.8 cm; estimated L_{50} for the species). The present data demonstrate that cobia along the coast of Pernambuco state (northeastern Brazil) had a protracted reproduction throughout the year, but with peaks between January and April, when the highest gonadosomatic index are verified for females and is a carnivorous predator with a preference for demersal bony fish, independently of the size and sex of the individuals analyzed.

Key words: Rachycentridae; Reproduction; Feeding; Mariculture; Marine Fish

Lista de figuras

	Página
Introdução geral	
Figura 1. Exemplar de beijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>) capturado na costa de Pernambuco, Brasil	05
Figura 2. Produção mundial da pesca e aquicultura de beijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>) no período de 1950 a 2014	05
 Artigo 2- Reproductive biology of <i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil	
Figure 1. Photomicrographs of ovarian histology (Staining: HE), illustrating the reproductive phases of cobia <i>Rachycentron canadum</i> off Pernambuco coast, Brazil: (A) Immature phase (PG = primary growth oocyte; OW= ovarian wall); (B) and (C) in Developing phase, with oocyte in stage I, II secondary oocyte and III previtellogenic oocyte; (D) Spawning capable phase, large ovaries with individual oocytes visible macroscopically, vitellogenic oocyte (IV); (E) illustrating the Regressing phase with atresia (a); (F) Regenerating phase, small ovaries with only oogonia and PG oocytes present, the arrow showed the thickening of lamellae	59
Figure 2. Bimonthly distribution of females maturation of cobia <i>Rachycentron canadum</i> off Pernambuco coast, Brazil (data grouped independently of the year of capture; number between parenthesis = n)	60
Figure 3. Bimonthly gonadosomatic index (GSI) of females (n=45) and males (n=48) of cobia <i>Rachycentron canadum</i> off Pernambuco coast, Brazil (data grouped independently of the year of capture; vertical bars = standard error)	61
Figure 4. Size at first maturity (L_{50}) for females of cobia <i>Rachycentron canadum</i> off Pernambuco coast, Brazil	62
Figure 5. Frequency distribution of oocyte diameter of female cobia <i>Rachycentron canadum</i> off Pernambuco coast, Brazil, at five different sexual phase.....	63

Artigo 3- Feeding habits of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil

Figure 1. Sampling area of cobia <i>Rachycentron canadum</i> in Northeastern Brazil	84
Figure 2. Cumulative number of prey items per stomach sample for cobia <i>Rachycentron canadum</i> in Northeastern Brazil (n=110; total food items = 26; vertical bar = standard deviation)	85
Figure 3. Feeding strategy diagram for cobia <i>Rachycentron canadum</i> in Northeastern Brazil. Prey-specific abundance (%) plotted against frequency of occurrence by individual prey items.....	86
Figure 4. Fullness index by time of day for cobia <i>Rachycentron canadum</i> in Northeastern Brazil (n=80). Vertical bar = standard error (n=12 for 6-9 h period; n=11 for 9-12 h period; n=11 for 12-15 h period; and, n=46 for 15-18 h period)	87
Figure 5. Predator-prey size relationship of cobia <i>Rachycentron canadum</i> in Northeastern Brazil	88

Lista de tabelas

Página

Artigo 1- Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão

Tabela 1. Estimativas de níveis ótimos de macro e micronutrientes para o beijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>)	25
--	----

Artigo 2- Reproductive biology of *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil

Table 1. Number of males and females of cobia <i>Rachycentron canadum</i> in northeastern Brazil by fork length classes, and results of Chi-square test (χ^2) for a 1:1 ratio at a 5% level of significance (*).....	58
---	----

Artigo 3- Feeding habits of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil

Table 1. Diet composition of cobia (<i>Rachycentron canadum</i>), collected in Northeastern Brasil, expressed as percentage frequency of occurrence (%FO), percentage of number (%N), percentage of weight (%W) and percentage of index of relative importance (%IRI). Number in parenthesis indicates the order of top ten items by %IRI. Unidentified prey (UID)	81
Table 2. Results of ANOSIM tests comparing feeding habits between sexes, seasons and size classes of cobia, <i>Rachycentron canadum</i>	83

Sumário

Dedicatória	vii
Agradecimentos	viii
Resumo.....	ix
Abstract	x
Lista de figuras.....	xi
Lista de tabelas.....	xiii
Sumário	xiv
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL	1
Introdução	3
Objetivo Geral.....	5
Estrutura da tese	6
Referências.....	7
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA (Artigo 1).....	11
Resumo.....	13
Introdução	13
Descrição da espécie	15
Biologia.....	16
Aquicultura.....	18
Conclusão.....	28
Agradecimentos	28
Referências.....	28
CAPÍTULO 3 - BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BEIJUPIRÁ (Artigo 2)	41
Abstract	43
Introduction.....	44
Material and Methods	45
Results.....	47
Discussion	49
Acknowledgments.....	53
References.....	53
CAPÍTULO 4 - HÁBITO ALIMENTAR DO BEIJUPIRÁ (Artigo 3)	65
Abstract	67
Introduction.....	68
Material and Methods	69
Results.....	71
Discussion	73
Acknowledgments.....	76
References.....	76
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
Considerações finais	91
ANEXOS	95

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

Introdução

De acordo com os dados estatísticos da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2016), a produção mundial de pesca por captura e aquicultura para consumo humano foi de 146,3 milhões de toneladas (t) em 2014, sendo a aquicultura responsável por 50,4% dessa produção, com 73,8 milhões t, enquanto, em 1970, a participação da aquicultura era de apenas 3,9% do pescado consumido.

Por outro lado, o consumo de pescado per capita tem aumentado continuamente, passando de 9,9 kg, na década de 1960, para 19,7 kg em 2013, embora esse incremento não tenha sido uniforme em todas as regiões do mundo. No Brasil, por exemplo, o consumo, em 2010, situava-se próximo a 10,0 kg (BRASIL, 2012), enquanto a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que sejam consumidos, pelo menos, 12,0 kg/ano. O baixo consumo nacional levou o governo brasileiro a incentivar o consumo de pescado por meio de campanhas, que visavam a aumentar e regular o consumo, por meio da conscientização da população quanto aos benefícios do consumo de pescado para a saúde.

Considerando que a produção mundial da pesca de captura encontra-se próxima de seu limite máximo sustentável e estabilizada em torno de 90 milhões t (FAO, 2016), fica claro o papel fundamental da aquicultura na regulação da provisão de pescado nos mercados nacional e mundial.

Acompanhando a tendência mundial, a produção aquícola no Brasil vem aumentando sua participação na produção total de pescados. Em 1995, a aquicultura era responsável por apenas 7,1% do total da produção, com 46 mil t, enquanto em 2011 atingiu 43,9%, com 628 mil t (BRASIL, 2012). Em termos de ambiente, a aquicultura continental brasileira foi responsável, em 2015, por 84,2% da produção aquícola nacional, com 483,2 mil t, enquanto a aquicultura marinha ou maricultura respondeu por 15,8%, com 90,9 mil t (IBGE, 2016).

Atualmente, a maricultura brasileira restringe-se a dois grupos, os camarões e os moluscos. O camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) foi o principal produto, representando 76,8% do total (69.859 t), com a produção concentrada, basicamente, na região Nordeste. Enquanto os moluscos (mexilhões, ostras e vieiras), produzidos principalmente na Região Sul, foram responsáveis por 23,2% (21.063 t) (IBGE, 2016).

No Brasil, a criação de peixes marinhos provavelmente teve início no século XVII no estado de Pernambuco, quando a atividade teria sido introduzida durante o governo holandês de Maurício de Nassau (SILVA, 1976). Segundo Ihering (1932), desde aquela

época, robalos (*Centropomus* sp.), tainhas (*Mugil* sp.) e carapebas (*Eugerres* sp. e *Diapterus* sp.) eram criados extensivamente em viveiros de maré. Segundo estimativas de Schubart (1936), na década de 1930, as regiões metropolitanas do Recife e Olinda produziam 25 toneladas de peixes por ano em uma área de aproximadamente 43 hectares, dividida em cerca de 280 viveiros.

Embora a piscicultura marinha tenha tido um início promissor, ainda é incipiente no país, limitando-se às iniciativas de pesquisa, principalmente com o robalo-peva e flecha (*Centropomus parallelus* e *C. undecimalis*) e o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010).

Mais recentemente, o beijupirá *Rachycentron canadum* (Figura 1) vem sendo indicado, entre diversas espécies nativas, como uma espécie com potencial para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil (CAVALLI e HAMILTON, 2009; CAVALLI *et al.*, 2011) devido, principalmente, ao rápido crescimento (ARNOLD *et al.*, 2002; CHOU *et al.*, 2004; BENETTI *et al.*, 2008), à facilidade para desovar em cativeiro (FRANKS *et al.*, 2001; ARNOLD *et al.*, 2002; PEREGRINO JR., 2014), ao domínio da tecnologia de produção de formas jovens (LIAO e LEAÑO, 2007; BENETTI *et al.*, 2008), carne branca de ótima qualidade (CRAIG *et al.*, 2006), entre outros fatores.

Devido às excelentes características da espécie, a produção mundial por aquicultura, em 2014, foi de 40.329 t, valor três vezes superior à captura mundial de 13.751 t (Figura 2) (FAO, 2016). Contudo, no Brasil, a espécie não tem recebido a devida atenção no que concerne à sua biologia. Até a presente data, apenas duas publicações específicas a respeito da biologia dessa espécie no país estão disponíveis (LOPES *et al.*, 2001; FELIX e HACKRADT, 2008), por outro lado, muitos artigos tem sido publicados com temas relacionados à aquicultura (SANCHES *et al.*, 2008, 2013; CAVALLI e HAMILTON, 2009; SAMPAIO *et al.*, 2010, 2011; CAVALLI *et al.*, 2011; KERBER *et al.*, 2011; GUERRA-SANTOS *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012; HAMILTON *et al.*, 2013; MOREIRA *et al.*, 2013; COSTA-BONFIM *et al.*, 2014; DOMINGUES *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014; PEDROSA *et al.*, 2014; PEREGRINO JR *et al.*, 2014; BEZERRA *et al.*, 2016; GONÇALVES *et al.*, 2016).

Informações sobre a biologia e a pesca são importantes na seleção de novas espécies para a aquicultura, pois contribuem para o conhecimento global da espécie que se pretende trabalhar em laboratório (QUÉMÉNER *et al.*, 2002). Ainda, a reprodução e a alimentação das espécies são duas funções que têm contribuição fundamental para a capacidade da população manter o seu status no contexto da biocenose (FONTELES FILHO, 2011). Por

outra lado, dados sobre a biologia de espécies aquícolas, especificamente sobre a estratégia reprodutiva, podem ter aplicações importantes no planejamento e gestão da aquicultura em laboratórios de produção de formas jovens (GODINHO, 2007).



Figura 1. Exemplar de beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado na costa de Pernambuco, Brasil (Foto do autor).

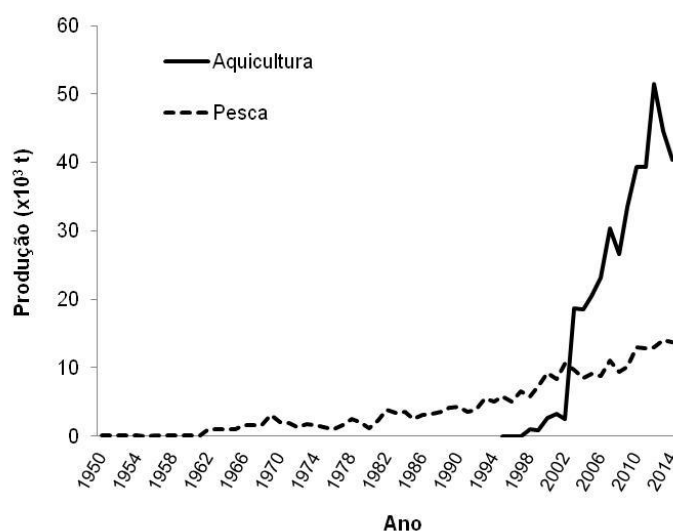


Figura 2. Produção mundial da pesca e aquicultura de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no período de 1950 a 2014 (FAO, 2016).

Diante do potencial do beijupirá para o desenvolvimento da piscicultura marinha brasileira e considerando a escassez de informações biológicas a respeito da espécie no país, a presente tese tem os seguintes objetivos:

Objetivo Geral

Estudar o hábito alimentar e a biologia reprodutiva do beijupirá na região Nordeste, contribuindo com informações biológicas que subsidiem o desenvolvimento da criação da espécie no Brasil.

Objetivos específicos

1. Conhecer o estado da arte das pesquisas sobre o beijupirá (Capítulo 2);
2. Determinar a época de reprodução e o tipo de desova da espécie (Capítulo 3);
3. Estimar o tamanho de primeira maturação (Capítulo 3);
4. Avaliar a fecundidade da espécie (Capítulo 3);
5. Identificar os itens alimentares que compõem a dieta da espécie (Capítulo 4);
6. Determinar o índice de importância relativa de cada item alimentar no hábito da espécie (Capítulo 4);
7. Identificar o horário de maior atividade alimentar (Capítulo 4).

Hipótese

A tese tem como hipótese que o beijupirá na costa de Pernambuco, Brasil, é uma espécie com alta fecundidade que se reproduz de forma parcelada durante o verão, apresentando hábito alimentar carnívoro oportunista.

Estrutura da tese

A tese está organizada em cinco capítulos. No **primeiro capítulo** apresentamos uma introdução geral sobre a importância da aquicultura na produção mundial de pescado e o papel da piscicultura marinha nesse contexto, destacando o papel do beijupirá na criação de peixes marinhos. Ao final do capítulo são apresentados os objetivos gerais e específicos da tese.

No **segundo capítulo**, é apresentado o artigo de revisão sobre o beijupirá, onde são descritos aspectos relacionados à biologia, pesca e aquicultura da espécie.

A reprodução da espécie é o tema abordado no **terceiro capítulo**. Nele são descritos o tipo e a época da desova da espécie em Pernambuco, bem como o tamanho de primeira maturação e fecundidade das fêmeas.

O hábito alimentar do beijupirá na costa de Pernambuco é analisado no **quarto capítulo**, sendo indicados os itens alimentares consumidos pela espécie na região e sua estratégia alimentar.

Finalmente, no **quinto capítulo**, apresentamos as considerações finais a respeito das perspectivas de desenvolvimento da criação do beijupirá no Brasil e as principais dificuldades.

Os capítulos **2, 3 e 4** (artigos) foram formatados respeitando as normas de publicação de cada periódico, exceto o tipo e tamanho da fonte, as quais mantiveram o formato da tese. As referências são apresentadas ao final de cada capítulo para facilitar a consulta pelos leitores.

Referências

- ARNOLD, C.R.; KAISER, J.B.; HOLT, G.J. 2002 Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. *Journal of World Aquaculture Society*, 33(2): 205-208.
- BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L.C. 2010 *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM. 608p.
- BENETTI, D.D.; ORHUN, M.R.; SARDENBERG, B.; O'HANLON, B.; WELCH, A.; HOENIG, R.; ZINK, I.; RIVERA, J.A.; DENLINGER, B.; BACON, D.; PALMER, K.; CAVALIN, F. 2008 Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 39: 701-711.
- BEZERRA, T.R.Q.; DOMINGUES, E.C.; MAIA FILHO, L.F.A.; ROMBENSO, A.N.; HAMILTON, S.; CAVALLI, R.O. 2016 Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. *Aquaculture International*, 24: 609-622.
- BRASIL. 2012 Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasil 2010. Brasília: MPA, 2012. 128p.
- CAVALLI, R. O. e HAMILTON, S. 2009 Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 6: 64-69.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. 2011 Desenvolvimento da produção de peixes marinhos em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40: 151-164.
- CHOU, R.L.; HER, B.Y.; SU, M.S.; HWANG, G.; WU, Y.H.; CHEN, H.Y. 2004 Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229: 325-333.
- COSTA-BOMFIM C.N.; PESSOA, W.V.N.; OLIVEIRA, R.L.M.; FARIAS, J.L.; DOMINGUES, E.C., HAMILTON, S., CAVALLI, R.O. 2014 The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). *Journal of Applied Ichthyology*, 30:135–139.

- CRAIG, S.R.; SCHWARZ, M.H.; MCLEAN, E. 2006 Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. *Aquaculture*, 261: 384-391.
- DOMINGUES E.C.; HAMILTON S.; BEZERRA, T.R.Q.; CAVALLI, R.O. 2014 Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. *Boletim do Instituto de Pesca* 40(2):237-249
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2016 The state of world fisheries and aquaculture 2016 contributing to food security and nutrition for all. Rome: FAO, 2016. 200 p.
- FELIX, F.C. e HACKRADT, C.W. 2008 Interaction between *Rachycentron canadum* and *Epinephelus itajara*, on the Paraná coast, Brasil. *Coral reefs*, 27: 633.
- FONTELES FILHO, A.A. 2011 *Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora. 464p.
- FRANKS, J.S.; OGLE, J.T.; LOTZ, J.M.; NICHOLSON, L.C.; BARNES, D.N.; LARSEN, K.M. 2001 Spontaneous spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, induced by human chorionic gonadotropin (HCG), with comments on fertilization, hatching, and larval development. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 52: 598-609.
- GODINHO, H.P. 2007 Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31(3):351-360.
- GONÇALVES, E.L.T.; SANCHES, E.G.; MARTINS, M.L.; TSUZUKI, M.Y. 2016 Detecção, controle e prevenção de fotobacteriose no cultivo de bijupirá. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5): 465-472.
- GUERRA-SANTOS, B.; ALBINATI, R.C.B.; MOREIRA, E.L.T.; LIMA, F.W.M.; AZEVEDO, T.M.P.; COSTA, D.S.P.; MEDEIROS, S.D.C.; LIRA, A.D. 2012 Parâmetros hematológicos e alterações histopatológicas em bijupirá (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) com amyloodiniose. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(11): 1184-1190.
- HAMILTON, S.; SEVERI, W.; CAVALLI, R.O. 2013 Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, 39(4): 461-477.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2015 Produção Pecuária Municipal 2015, Rio de Janeiro, v. 43, p.1-49, 2016.

- IHERING, R. V. 1932 Criação de peixes em viveiros no Recife. *Boletim da Secretaria de Agricultura, Indústria e Viação*, 35: 35-40.
- KERBER, C.E.; SANCHES, E.G.; SANTIAGO, M.; LUQUE, J.L. 2011 First record of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in sea-farmed cobia (*Rachycentron canadum*) in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 20 (4): 331-333.
- LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. 2007 *Cobia aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. 178p.
- LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T.; SENA, M.P. 2001 Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, 1(1): 56-59.
- MOREIRA, C.B.; HASHIMOTO, G.S.O.; ROMBENSO, A.N.; CANDIOTTO, F.B.; MARTINS, M.L.; TSUZUKI, M.Y. 2013 Outbreak of mortality among cage-reared cobia (*Rachycentron canadum*) associated with parasitism. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22(4): 588-591.
- NASCIMENTO, D.L.; BARROS, C.N.; SILVA, A.D.R.; GUIMARÃES, J.M.; PEDROSA, V.F.; MENDES, E.S. 2014 Bactérias potencialmente patogênicas isoladas de beijupirá (*Rachycentron canadum*) cultivadas em sistema *offshore*. *Medicina Veterinária*, 8(2):12-21.
- PEDROSA, V.F.; ROMANO, L.A.; SANTOS, F.L.; GUIMARÃES, J.M.; SILVA, A.D.R.; MENDES, E.S. 2014 Hiperplasia em túnicas de artérias coronárias de beijupirás criados em sistema *offshore*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(3): 747-754.
- PEREGRINO JR, R.B.; HAMILTON, S.; DOMINGUES, E.C.; MANZELLA JR, J.C.; HAZIN, F.H.V.; CAVALLI, R.O. 2014 Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66(3): 681-687.
- QUÉMÉNER, L.; SUQUET, M.; MERO, D.; GAIGNON, J.L. 2002 Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of the French Atlantic, the Channel and the North Sea coasts. *Aquatic Living Resources*, 15:293-302.
- SAMPAIO, L.A.; TESSER, M.B.; WASIELESKY JR., W. 2010 Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 39: 102-111.

- SAMPAIO, L.A.; MOREIRA, C.B.; MIRANDA-FILHO, K.C.; ROMBENSO, A.N. 2011 Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast. *Aquaculture Research*, 42: 832-834.
- SANCHES, E.G.; SECKENDORFF, R.W.V.; HENRIQUE, M.B.; FAGUNDES, L. SEBASTIANI, E.F. 2008 Viabilidade econômica do cultivo de bijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. *Informações Econômicas*, 12(38): 41-51.
- SANCHES, E.G.; TOSTA, G.A.M.; SOUZA-FILHO, J.J. 2013 Viabilidade econômica da produção de formas jovens de bijupirá (*Rachycentron canadum*). *Boletim do Instituto de Pesca*, 39(1): 15-26.
- SCHUBART, O. 1936 O. Investigações sobre os viveiros do Recife. *Boletim da Secretaria de Agricultura Industria e Comércio do Estado de Pernambuco*, 1(2): 153-176.
- SILVA, J.E. 1976 *Fisioecologia do camorim, Centropomus undecimalis (Bloch, 1792). Estudo experimental em ambiente confinado*. São Paulo. 101p. (Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo).
- SILVA, A.C. , MORAES, J.R.E.; ANTONUCCI, A.M.; SHIMADA, M.T.; TAKEMOTO, R.M.; ENGRACIA FILHO, J.R.; MORAES, F.R. 2012 First record of *Tuxophorus caligoides* (Siphonostomatoida, Tuxophoridae) in sea-farmed cobia, *Rachycentron canadum*, in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21(4): 421-423.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA (Artigo 1)

Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão

Santiago HAMILTON; William SEVERI; Ronaldo Olivera CAVALLI

Artigo publicado no *Boletim do Instituto de Pesca*, 39(4): 461-477, 2013

BIOLOGIA E AQUICULTURA DO BEIJUPIRÁ: UMA REVISÃOSantiago HAMILTON¹; William SEVERI¹; Ronaldo Olivera CAVALLI¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco - Departamento de Pesca e Aquicultura. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n - Dois Irmãos - CEP 52.171-900 - Recife - PE - Brasil. e-mail: santihamilton@hotmail.com (autor correspondente)

Resumo

O presente artigo apresenta uma revisão da biologia e estado da arte da criação do beijupirá (*Rachycentron canadum*), espécie nativa do litoral brasileiro que, nos últimos anos, vem sendo alvo de uma série de estudos e iniciativas de aquicultura em nosso país. Os principais resultados das pesquisas sobre alimentação, idade e crescimento, reprodução, larvicultura, engorda, nutrição e alimentação, sanidade e mercado, disponíveis na literatura nacional e internacional até janeiro de 2013, são apresentados e discutidos.

Palavras-chave: hábito alimentar; biologia reprodutiva; piscicultura marinha.

BIOLOGY AND AQUACULTURE OF COBIA: A REVIEW**ABSTRACT**

The present article presents a review of the biology and the state-of-the-art of the culture of cobia (*Rachycentron canadum*), a native species to Brazilian coastal waters, which, in the last few years, has been targeted as a potential candidate for marine fish farming in Brazil. Main research findings related to feeding, age and growth, reproduction, larviculture, growout, nutrition and feeding, diseases and market that were published until January 2013 are presented and discussed.

Key words: food habit; reproductive biology; marine fish farming.

Introdução

A criação de peixes marinhos no Brasil provavelmente teve início no século XVII, em Pernambuco (SILVA, 1976). Na década de 1930, robalos (*Centropomus*), tainhas ou curimãs (*Mugil*) e carapebas (*Eugerres* e *Diapterus*) eram criadas extensivamente em viveiros de maré nas cidades de Recife e Olinda, sendo sua produção anual estimada em 25 t (SCHUBART, 1936). Não obstante esse início promissor, a piscicultura marinha ainda é

incipiente no país, limitando-se às iniciativas de pesquisa, principalmente com o robalo-peva e flecha (*Centropomus parallelus* e *C. undecimalis*), e o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) (BALDISSEROTTO e GOMES, 2010), e, mais recentemente, com o beijupirá (*Rachycentron canadum*) (CAVALLI e HAMILTON, 2009; CAVALLI *et al.*, 2011). A possibilidade de criação da tainha (*Mugil liza*), cioba (*Lutjanus analis*), garoupa (*Epinephelus marginatus*), pampo (*Trachinotus marginatus*) e peixe-rei (*Odonthestes argentinensis*) também foi e/ou vem sendo considerada, porém com menor intensidade.

Dentre as diversas espécies com potencial para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil, o beijupirá apresenta características consideradas adequadas à criação, como rápido crescimento (ARNOLD *et al.*, 2002; CHOU *et al.*, 2004; BENETTI *et al.*, 2008), facilidade para desovar em cativeiro (FRANKS *et al.*, 2001; ARNOLD *et al.*, 2002; SOUZA-FILHO e TOSTA, 2008; PEREGRINO JR., 2009), domínio da tecnologia de produção de formas jovens (LIAO e LEAÑO, 2007; BENETTI *et al.*, 2008), carne branca de ótima qualidade (CRAIG *et al.*, 2006; LIAO e LEAÑO, 2007), conversão alimentar relativamente baixa (BENETTI *et al.*, 2008), tolerância à salinidade (ATWOOD *et al.*, 2004; FAULK e HOLT, 2006; RESLEY *et al.*, 2006), resposta positiva à vacinação (LIN *et al.*, 2006) e fácil adaptação ao confinamento e aceitação de dietas extrusadas (CRAIG *et al.*, 2006). Estes fatores, além da intenção de desenvolver a piscicultura marinha no Brasil, influenciaram o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) a investir em projetos-pilotos de criação da espécie, inicialmente em São Paulo e na Bahia (OSTRENSKY e BOEGER, 2008). Posteriormente, surgiram iniciativas em Pernambuco, Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte (CAVALLI *et al.*, 2011). Atualmente, existem 4 laboratórios de produção de formas jovens (larvicultura), um no Rio Grande do Norte, dois em São Paulo, e um na Bahia. Existem, ainda, projetos de engorda em São Paulo (Ilhabela e Ubatuba), no Rio de Janeiro (Angra dos Reis) e na Bahia (Igrapiúna).

Contudo, no Brasil, a espécie não tem recebido a devida atenção no que concerne à sua biologia. No nosso conhecimento, apenas duas publicações específicas a respeito da biologia dessa espécie no país estão disponíveis (LOPES *et al.*, 2001; FELIX e HACKRADT, 2008), e, em relação à aquicultura, temos os artigos de SANCHES *et al.* (2008), CAVALLI e HAMILTON (2009), CAVALLI *et al.* (2011), SAMPAIO *et al.* (2010; 2011), KERBER *et al.* (2011) e GUERRA-SANTOS *et al.* (2012). Diante do potencial do beijupirá como espécie candidata a promover o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma sinopse do conhecimento atual sobre a biologia e aquicultura dessa espécie.

Descrição da espécie

O beijupirá (*R. canadum*) foi descrito, inicialmente, por Linnaeus em 1766, como *Gasterosteus canadus*. Pertence à classe dos peixes ósseos, da ordem Perciformes, sendo a única espécie da família Rachycentridae. Antes de ser definida como do gênero *Rachycentron* (Kaup, 1826), aceito até a atualidade, a espécie foi descrita com outras sinonímias, tais como *Scomber niger* (Bloch, 1793), *Centronotus spinosus* (Mitchill, 1815), *Rachycentron typus* (Kaup, 1826), *Naucrates niger* e *Elacate motta* (Cuvier, 1829), entre outras (GILL, 1895).

No Brasil, é comumente conhecido como bijupirá (FIGUEIREDO e MENEZES, 1980), beijupirá, pirambijú e cação-de-escama (CARVALHO FILHO, 1999). Naquela que provavelmente foi a primeira descrição da espécie em águas brasileiras, PISO e MARCGRAVE (1648) o chamaram de ceixupirá. Segundo COLLETE (2002), os nomes comuns são cobia, em inglês; mafou, em francês; e cobie, em espanhol. Embora em inglês seja mais conhecida como cobia, a espécie também é chamada lemonfish, ling (CAYLOR *et al.*, 1994), crabeater, sergeantfish (SMITH, 1897) e black kingfish (BIANCHI, 1985).

O beijupirá apresenta de 7 a 9 espinhos curtos, geralmente 8, na primeira nadadeira dorsal, isolados e não conectados por membrana (COLLETE, 2002). A segunda nadadeira dorsal possui de 26 a 33 raios, sendo a anal similar à segunda dorsal, porém com 2 ou 3 espinhos e entre 22 e 28 raios. A cabeça é grande e achatada. O corpo é alongado e fusiforme e a nadadeira caudal é truncada nos jovens e lunada nos adultos, com o lobo superior ligeiramente mais longo que o inferior. Possui coloração marrom escuro no dorso e nas laterais, apresentando duas faixas longitudinais, de coloração prata, bem definidas nos flancos. Na porção ventral, a coloração é clara, mas as nadadeiras são escuras. As escamas são pequenas e profundamente implantadas na pele. A boca é grande, e a mandíbula prolonga-se mais à frente que a maxila, apresentando dentes aciculares na maxila e mandíbula, palato e língua (GILL, 1895; FIGUEIREDO e MENEZES, 1980; COLLETE, 2002).

Os jovens têm aparência similar às rêmoras (família Echeneididae), embora as larvas apresentem maior similaridade morfológica com o dourado (família Coryphaenidae), principalmente devido ao idêntico padrão de espinhos na cabeça de ambas as espécies, o que não ocorre nas larvas dos echeneoides (JOHNSON, 1984).

O comprimento máximo alcança 200 cm no ambiente natural, mas exemplares com cerca de 110 cm são mais comuns. O peso máximo registrado para um exemplar capturado foi 61,5 kg no oeste da Austrália (COLLETE, 2002), e 62,2 kg no Golfo do México (FRANKS *et al.*, 1999).

O beijupirá é uma espécie pelágica costeira e circumtropical (BRIGGS, 1960), distribuindo-se por águas tropicais e subtropicais de todos os oceanos, exceto no leste do Pacífico (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). No Atlântico ocidental, estende-se de Massachusetts, EUA, à Argentina (FIGUEIREDO e MENEZES, 1980).

Podem ser encontrados sobre fundos de lama, rochas, areia e cascalho, em ambientes de recife de corais e estuários (SHAFFER e NAKAMURA, 1989), e, ainda, próximos a naufrágios, boias, plataformas de petróleo ou objetos à deriva (ARNOLD *et al.*, 2002). Também são frequentemente vistos nadando junto a tartarugas, raias (GRANT e FERREL, 1993) e meros (FELIX e HACKRADT, 2008), com os quais apresentam associação, provavelmente aproveitando-se da suspensão do sedimento para alimentar-se de organismos demersais ou bentônicos (SMITH e MERRINER, 1982).

Trata-se de uma espécie pouco encontrada no comércio devido à sua baixa captura pela pesca. Por formar pequenos cardumes, de 5 a 10 peixes (CARVALHO FILHO, 1999), a captura ocorre de forma acidental, não havendo uma pesca específica. A captura mundial em 2010 foi de 11.944 t, sendo as Filipinas o maior produtor, com 3.033 t (FAO, 2012). No Brasil, a pesca em 2010 produziu 923 t, o que representa cerca de 0,2% do total de peixes marinhos pescados no país, que foi de 465.455 t (BRASIL, 2012). Em 2007, os principais estados produtores foram Pará, Ceará e Bahia (BRASIL, 2007).

Biologia

Reprodução

O beijupirá é uma espécie que desova preferencialmente na primavera e verão. LOTZ *et al.* (1996) concluíram que o beijupirá realiza desovas múltiplas ou parceladas ao longo da temporada reprodutiva, a qual, no hemisfério norte, se estende de abril a setembro. Embora a reprodução na costa sul dos EUA ocorra durante a primavera e o verão (BIESIOT *et al.*, 1994; BROWN-PETERSON *et al.*, 2001), a elevação do índice gonadosomático entre maio e julho, indica o pico nas desovas nesse período (BROWN-PETERSON *et al.*, 2001). Na Bahia, as primeiras desovas naturais de reprodutores selvagens mantidos em cativeiro foram registradas em outubro (CARVALHO FILHO,

2006), enquanto que a histologia de exemplares capturados em Pernambuco indicou que o período natural de desova é de outubro a abril (DOMINGUES *et al.*, 2007). Estes resultados indicam que a atividade reprodutiva desta espécie no nordeste do Brasil também ocorre principalmente na primavera e verão.

Os ovos e as larvas do beijupirá são planctônicos. Larvas de 1,5 cm foram encontradas a mais de 30 milhas da costa, evidenciando a migração para águas abertas para a reprodução (CARVALHO FILHO, 1999). Posteriormente, os jovens retornam para águas costeiras à medida que crescem (DAWSON, 1971; CARVALHO FILHO, 1999). Por outro lado, a presença de ovos nas imediações da Baía de Chesapeake, EUA, indica que a reprodução também ocorre em áreas próximas a baías (JOSEPH *et al.*, 1964), com juvenis sendo encontrados no interior destas, como na Baía de Todos os Santos, Bahia (LOPES *et al.*, 2001).

RICHARDS (1967) relata que, na Baía de Chesapeake, os machos alcançaram a maturidade no segundo ano de vida, com comprimento furcal (CF) de 51,8 cm e 1,14 kg, enquanto as fêmeas somente a alcançaram aos 3 anos, com 69,6 cm de CF e 3,27 kg de peso. VELDE *et al.* (2010) estimaram o tamanho médio de primeira maturação (L₅₀) para fêmeas em 78,4 cm de CF.

Fêmeas com 10 kg podem produzir uma média de 1.800.000 ovos por desova (BROWN-PETERSON *et al.*, 2001; ARNOLD *et al.*, 2002; WEIRICH *et al.*, 2007), enquanto VELDE *et al.* (2010) estimaram a fecundidade média em 2.877.669 ovos. Os ovos são esféricos (diâmetro médio de 1,2 a 1,4 mm), fortemente pigmentados, e eclodem após cerca de 26 horas quando mantidos a 29°C. Os ovos fertilizados são livres, transparentes e flutuantes (LEFEBVRE e DENSON, 2012).

Hábito Alimentar

KNAPP (1951) e MEYER e FRANKS (1996) classificam o beijupirá como uma espécie carnívora de hábito predador oportunista. Ao encontrar diversos itens alimentares nos estômagos de 22 exemplares capturados na costa do Texas, EUA, KNAPP (1951) destacou a voracidade e preferência por peixes, tanto de hábitos demersais como pelágicos, embora aparentemente haja predileção pelos primeiros. DARRACOTT (1977) verificou que beijupirás do Oceano Índico tinham preferência por crustáceos, já que estes foram encontrados em 100% dos estômagos com alimento, enquanto a frequência de ocorrência de peixes e moluscos foi 50% e 23%, respectivamente. No oceano Índico ocidental, RANDALL e BISHOP (1967) constataram que o beijupirá é raramente capturado, tendo o

conteúdo estomacal do único exemplar obtido sido composto por duas espécies de peixe do gênero *Lactophrys* (Família Tetraodontiformes).

FRANKS *et al.* (1996) descreveram que os principais itens alimentares de juvenis no norte do Golfo do México eram peixes ósseos, crustáceos e cefalópodes, enquanto os adultos apresentavam hábito diferenciado dos juvenis, alimentando-se, principalmente, de crustáceos da família Portunidae (MEYER e FRANKS, 1996). De forma similar, na Baía de Chesapeake os principais itens consumidos foram dois crustáceos da família Portunidae, *Callinectes sapidus* e *Ovalipes ocellatus* (ARENDT *et al.*, 2001). Na Baía de Todos os Santos, Brasil, LOPES *et al.* (2001) analisaram o conteúdo estomacal de três juvenis e verificaram a preferência por crustáceos decápodes. Recentemente, FINES e HOLT (2010) comprovaram que juvenis de beijupirá são capazes de digerir a quitina, transformando-a em N-acetilglicosamina, o que poderá permitir a utilização de ingredientes ricos em quitina como fonte de carboidrato em dietas comerciais (LU e KU, 2013).

Idade e crescimento

Embora não apresente dimorfismo sexual aparente (SHAFFER e NAKAMURA, 1989), as fêmeas apresentam crescimento mais acelerado que os machos no ambiente natural. Fêmeas capturadas no nordeste do Golfo do México apresentavam maiores CF (1.651 mm, 62,2 kg) do que os machos (1.450 mm, 29,0 kg) (FRANKS *et al.*, 1999). Estes autores também encontraram CF superiores para as fêmeas entre 1 e 9 anos, enquanto que nas maiores classes de comprimento (entre 1.450 e 1.650 mm) as fêmeas representaram 100% dos exemplares amostrados. Padrão similar foi relatado por RICHARDS (1967) e SMITH (1995).

Aquicultura

O primeiro relato sobre a criação do beijupirá ocorreu nos EUA, quando HASSLER e RAINVILLE (1975) coletaram ovos na natureza e mantiveram exemplares vivos no laboratório por 131 dias. Entretanto, foi somente no início dos anos 1990 que a primeira desova em cativeiro foi obtida em Taiwan, o que permitiu a criação de larvas (LIAO *et al.*, 2004; KAISER e HOLT, 2005). A partir da disponibilidade de juvenis e dos bons resultados na engorda, a produção naquele país cresceu exponencialmente (LIAO *et al.*, 2004; MIAO *et al.*, 2009), fazendo com que outros países se interessassem na aquicultura dessa espécie. Em 2010, a produção mundial da aquicultura foi estimada em 40.767 t, o que representa cerca de quatro vezes a produção da pesca (FAO, 2012). China, Taiwan e

Vietnã são os principais produtores, mas existem relatos sobre o desenvolvimento da criação desta espécie em outros países (LIAO e LEAÑO, 2007; BENETTI *et al.*, 2008; FAO, 2013).

Como a aquicultura do beijupirá é uma atividade relativamente recente, ainda existem importantes lacunas no seu ciclo produtivo. Estas incluem a ausência de laboratórios de produção de juvenis com esquemas de biossegurança e com a devida diversidade genética, uma produção limitada e inconsistente de ovos e juvenis de qualidade, e limitações em termos de sistemas de engorda (HOLT *et al.*, 2007), além do desconhecimento das necessidades nutricionais que permitam a formulação de dietas (CRAIG *et al.*, 2006; FRASER e DAVIES, 2009). Há, também, a necessidade de desenvolvimento de mercado (CAVALLI *et al.*, 2011; NHU *et al.*, 2011).

Reprodução em cativeiro

Diversos métodos têm sido aplicados na obtenção de desovas em cativeiro. Na Carolina do Sul, EUA, adultos desovaram naturalmente 2 a 3 dias após terem sido capturados no mar (WEIRICH *et al.*, 2007). A desova espontânea de juvenis capturados no mar e criados em cativeiro até a maturação sexual também teve sucesso no Texas, EUA (ARNOLD *et al.*, 2002), em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004), e no Brasil, na Bahia (CARVALHO FILHO, 2006) e em Pernambuco (PEREGRINO JR., 2009).

A indução hormonal da desova pode ser realizada por aplicações intramusculares de gonadotrofina coriônica humana (HCG), do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) ou do análogo do hormônio liberador do hormônio luteinizante (LHRHa) (FRANKS *et al.*, 2001; KILDUFF *et al.*, 2002; NHU *et al.*, 2011). Estes hormônios são injetados intramuscularmente em dose única ou múltipla. O HCG é normalmente usado na dosagem de 275 UI/kg (KAISER e HOLT, 2005), enquanto a dose de LHRHa é de 20 µg/kg para as fêmeas e 10 µg/kg para os machos (NHU *et al.*, 2011). Os implantes intramusculares geralmente contêm 150 µg de GnRHa de salmão (KILDUFF *et al.*, 2002) ou de 100 a 200 µg de GnRHa (WEIRICH *et al.*, 2007).

Outra possibilidade de induzir a desova em cativeiro é por meio da manipulação ambiental, principalmente do fotoperíodo e temperatura. GAUMET *et al.* (2007) e PEREGRINO JR. (2009) relataram que o período de desova se estendeu além do observado em condições naturais. LIAO *et al.* (2004), NHU *et al.* (2011) e STIEGLITZ *et al.* (2012a) relataram a ocorrência de desovas durante o inverno, o que demonstra a possibilidade de expansão do período de desovas. Adultos podem ser induzidos a desovar

com o aumento do fotoperíodo, de 10 para 14 h diárias de luz, paralelamente ao aumento da temperatura da água, de 20°C para 26-27°C (KAISER e HOLT, 2005).

No Brasil, exemplares da geração F1 (primeiros descendentes), com peso médio de 5,4 kg e idade inferior a 20 meses, entraram em processo de vitelogênese e maturação final dos gametas e desovaram naturalmente nas mesmas condições que a geração parental, porém mais precocemente (SOUZA-FILHO e TOSTA, 2008). Estes autores destacam que a precocidade sexual dos animais aparentemente não afetou a qualidade dos ovos e larvas.

Os reprodutores são alimentados diariamente, geralmente com alimentos de origem marinha frescos ou congelados, como peixes (sardinha e cavalinha, p.ex.), lulas e camarões. A suplementação de vitaminas e minerais duas vezes por semana, a uma taxa de 1% da alimentação diária, também é recomendada (BENETTI *et al.*, 2008; STIEGLITZ *et al.*, 2012a). A quantidade diária de alimento ofertada é de 2 a 5% da biomassa (PEREGRINO JR, 2009; NHU *et al.*, 2011). Três meses antes do início do período reprodutivo inicia-se o fornecimento diário de um suplemento com óleo de fígado de lula ou de pescado, vitaminas e premix mineral (NHU *et al.*, 2011).

NGUYEN *et al.* (2010) relataram que fêmeas alimentadas com uma dieta formulada apresentaram desempenho reprodutivo comparável ao de fêmeas alimentadas com peixes. Apesar disso, maiores níveis de ácidos graxos altamente insaturados (HUFA) foram detectados nos ovos de fêmeas alimentadas com peixes. Estes resultados são importantes ao considerarmos que as larvas de beijupirá provavelmente exigem altos níveis de HUFA na dieta, uma vez que os ácidos docosahexaenóico (22:6 n-3; DHA), eicosapentaenóico (20:5 n-3; EPA) e araquidônico (20:4 n-6; ARA) correspondem a cerca de 80% dos HUFA dos ovos e larvas recém-eclodidas (HOLT *et al.*, 2007).

Larvicultura

A criação intensiva de larvas em laboratório utiliza sistemas de manejo de água semi-estáticos ou de recirculação (HASSLER e RAINVILLE, 1975; HITZFELDER *et al.*, 2006; HOLT *et al.*, 2007; SCHWARZ *et al.*, 2007). As larvas são criadas, geralmente, em tanques circulares de fibra de vidro com volume de 300 L (SCHWARZ *et al.*, 2007) até 12.000 L (BENETTI *et al.*, 2008), em água com salinidade 35, temperatura entre 27 a 28°C, fotoperíodo de 13 h diárias de luz e aeração constante (SCHWARZ *et al.*, 2007), sendo recomendada a densidade inicial de 10 larvas/L (HITZFELDER *et al.*, 2006).

Nos primeiros dias pós-eclosão, as larvas se alimentam exclusivamente do vitelo, cuja qualidade depende diretamente da alimentação oferecida aos reprodutores (FAULK e HOLT, 2008). Do 3º ao 7º dia após a eclosão (DAE), as larvas são alimentadas com o

rotífero *Brachionus plicatilis* enriquecido, enquanto náuplios recém-eclodidos de *Artemia* são fornecidos do 6º ao 9º DAE. A partir do 9º DAE, metanáuplios de *Artemia* enriquecidos com HUFA são então ministrados até o completo fornecimento de microdietas inertes (HOLT *et al.*, 2007). Para se alcançar maiores taxas de crescimento e sobrevivência durante a transição do alimento vivo para dietas inertes ("desmame"), as larvas recebem, do 16º até o 24–26º DAE, uma mistura de *Artemia* enriquecida e microdietas. Durante toda a larvicultura, a adição das microalgas *Nannochloropsis oculata* e *Isochrysis galbana* resultam no aumento da taxa de sobrevivência das larvas (HOLT *et al.*, 2007). GAUMET *et al.* (2007) e SCHWARZ *et al.* (2008) não observaram diferenças na produção de larvas com o uso de pasta de *N. oculata* em substituição à microalga viva.

O uso de náuplios de *Artemia* de menor tamanho (estirpe AF) pode reduzir o período de fornecimento de rotíferos sem afetar a sobrevivência e crescimento das larvas (SCHWARZ *et al.*, 2008). NHU *et al.* (2009) sugerem a utilização de *Artemia* no estágio de *umbrella* (quando a *Artemia* está livre do córion, mas ainda com a membrana de eclosão) para diminuir ou até substituir completamente o uso de rotíferos na larvicultura.

A substituição total do alimento vivo por microdietas não é possível na larvicultura do beijupirá. O fornecimento de uma microdieta específica para larvas de peixes marinhos como único alimento para larvas recém-eclodidas de beijupirá resultou em 100% de mortalidade no 9º DAE (TANG *et al.*, 2010). Por outro lado, a sobrevivência no 9º DAE das larvas alimentadas com rotíferos e *Artemia* era de 44%, enquanto 100% das larvas em jejum morreram no 7º DAE. Essa diferença de dois dias sugere que a microdieta teria sido digerida pelas larvas, mesmo que parcialmente, mas isso não teria sido suficiente para mantê-las vivas após o 9º DAE.

A larvicultura extensiva tem sido realizada principalmente em viveiros ou tanques externos, como ocorre comercialmente em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004) e no Vietnã (NHU *et al.*, 2011), e experimentalmente nos EUA (WEIRICH *et al.*, 2004; 2007). Os viveiros são fertilizados a fim de promover o desenvolvimento do plâncton. Após absorverem o vitelo, o que geralmente ocorre no 3º DAE, as larvas se alimentam de rotíferos, protozoários e náuplios de copépodos (TANG *et al.*, 2006) até o 20º DAE. Os peixes passam então para o berçário, que pode ser dividido em três etapas. Na primeira, do 20º ao 45º DAE, larvas de aproximadamente 0,2 g, passam a receber dietas flutuantes, e, pelo menos uma vez por semana, sofrem uma seleção a fim de padronizar o tamanho e minimizar o canibalismo. Ao alcançarem de 2 a 5 g, tem início a segunda etapa do berçário, do 45º ao 75º DAE, com os peixes sendo transferidos para viveiros maiores ($\geq$

300 m²), onde serão alimentados de cinco a seis vezes por dia até atingirem cerca de 30 g. Na etapa final (75° ao 150° DAE), os beijupirás são mantidos em viveiros de terra ou em gaiolas (ou tanques-rede) até atingirem de 600 a 1.000 g (LIAO *et al.*, 2004). A fase de berçário pode ser desenvolvida, também, em sistema de recirculação em condições intensivas, produzindo, após 4 semanas, juvenis de 75 g (peso inicial de 7 g) a uma densidade de 370 peixes/m³ (LIAO *et al.*, 2004).

Em comparação com a larvicultura intensiva, a sobrevivência nos sistemas extensivos tende a ser mais baixa, normalmente entre 5 e 8%, mas as taxas de crescimento são bem mais altas (WEIRICH *et al.*, 2004). Em seu estudo pioneiro, HASSLER e RAINVILLE (1975) indicavam que o crescimento das larvas era maior quando alimentadas com zooplâncton selvagem, principalmente copépodos, em comparação àquelas alimentadas com rotíferos e *Artemia*.

O transporte de juvenis dos laboratórios de produção para as estruturas de engorda é uma etapa crucial no processo produtivo (LIAO *et al.*, 2004). Em um espaço de tempo relativamente curto, os peixes são expostos simultaneamente a uma série de fatores estressantes, como captura, manuseio, confinamento em altas densidades e, eventualmente, a baixa qualidade da água, principalmente redução do pH (COLBURN *et al.*, 2008) e aumento das concentrações de compostos nitrogenados (RODRIGUES *et al.*, 2007). Essa condição pode afetar não só a sobrevivência dos juvenis de beijupirá, mas também o desempenho posterior. RODRIGUES *et al.* (2007) estimaram que a concentração letal para 50% da população (LC50-96 h) de juvenis de beijupirá com peso médio de 1,74 g seria 1,13 ppm de NH₃-N.

Ao analisar os efeitos da densidade e temperatura, COLBURN *et al.* (2008) concluíram que, para transportes com duração máxima de 24 h, a densidade não deve exceder 20 kg/m³ e a temperatura deveria ser mantida entre 19 e 25°C. Como salinidades mais baixas que a marinha podem minimizar a mortalidade durante o transporte de peixes marinhos por meio da redução da demanda metabólica (LIM *et al.*, 2003), não é surpresa que STIEGLITZ *et al.* (2012b) tenham encontrado que a sobrevivência de juvenis de beijupirá (pesando 1,65 g) transportados em salinidade 12 tenha sido maior que na salinidade 32. NHU *et al.* (2011) descrevem que, no Vietnã, transportes com 35 h de duração são preferencialmente realizados em tanques de 1.000 L, com aeração, em densidades de 3 a 5 juvenis de 6-7 cm/L e temperatura de 23-24°C. Para transportes com até 12 h, uma opção é o uso de sacos plásticos de 50 L (20 L de água do mar + 30 L de oxigênio) na temperatura de 25°C e densidade de 20 juvenis de 5 cm/L.

Engorda

O principal sistema de engorda de beijupirá no mundo utiliza gaiolas de diversos tamanhos e formas, as quais são instaladas em áreas protegidas, como baías ou enseadas, ou em mar aberto (LIAO e LEAÑO, 2007; BENETTI *et al.*, 2010; NHU *et al.*, 2011). Gaiolas de pequeno tamanho construídas de madeira são utilizadas em ambientes com baixa hidrodinâmica (LIAO *et al.*, 2004; NHU *et al.*, 2011). Já em ambientes com maior energia, como no mar aberto, gaiolas flutuantes, de formato circular, fabricadas em polietileno de alta densidade são geralmente utilizadas. Em áreas com ocorrência de tufões ou furacões, gaiolas submersíveis com formato trapezoidal-octogonal têm sido testadas (BENETTI *et al.*, 2010).

Embora os taiwaneses prefiram estocar as gaiolas com peixes entre 600 e 1.000 g (LIAO *et al.*, 2004), BENETTI *et al.* (2010) estocaram juvenis com apenas 3 g em gaiolas no mar aberto, enquanto SAMPAIO *et al.* (2011) transferiram peixes com 1,5 g para gaiolas-berçário instalados numa baía. A densidade de estocagem geralmente varia de três a seis juvenis por m³, por exemplo, BENETTI *et al.* (2010) encontraram que, após cerca de 12 meses, a densidade de 3 peixes/m³ resultou em peixes com 6 kg, enquanto que na densidade de 5/m³ os peixes alcançaram 3,5 kg, embora a produtividade final tenha sido de 5 e 15 kg/m³, respectivamente. Essas diferenças não se deveram apenas à densidade, mas também à temperatura média da água (27,8°C versus 25,5°C).

A temperatura da água também é um fator importante a ser considerado. SHAFFER e NAKAMURA (1989) indicam que o beijupirá é naturalmente encontrado em águas com temperaturas entre 16,8 e 32°C, mas SUN *et al.* (2006), NAKAMURA (2007), SCHWARZ *et al.* (2007) e YU e UENG (2007) observaram, em criação, desempenho superior na faixa de 27 a 29°C. O beijupirá diminui a atividade alimentar em temperaturas de 20-21°C, e para de se alimentar com 16°C. Altas mortalidades ocorrem em temperaturas abaixo dos 16°C (ATWOOD *et al.*, 2004; LIAO e LEAÑO, 2007) e acima de 36°C (MIAO *et al.*, 2009). Analisando fazendas de criação de beijupirá em Taiwan, MIAO *et al.* (2009) encontraram maior lucratividade naquelas com maior temperatura média da água. Analisando a temperatura média da superfície do mar na costa brasileira no período 2005-2009, LIMA *et al.* (2012) sugeriram que a criação do beijupirá poderia ocorrer durante todo o ano, exceto na região sul, onde isso só seria possível durante seis meses, devido à temperatura mínima no outono/inverno situar-se entre 16 e 19°C. A área entre o litoral norte da Bahia e o do Maranhão é considerada altamente recomendável, enquanto os litorais sul da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo teriam certa restrição, já

que a temperatura da água no inverno varia entre 19 e 27°C. SAMPAIO *et al.* (2011) confirmaram esta condição, entretanto produziram beijupirás com peso médio de 4,2 kg após 12 meses de criação em gaiolas instaladas na costa fluminense.

Apesar da existência de projetos de engorda na Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro e São Paulo (CAVALLI *et al.*, 2011), até o momento, a produção de beijupirá pela aquicultura brasileira foi de apenas 49 t, em 2009 (BRASIL, 2010). Este volume relativamente pequeno se deve a uma série de gargalos na cadeia produtiva, como baixa qualidade e variabilidade na composição das dietas disponíveis no mercado nacional, instabilidade na produção de juvenis em laboratório, incidentes de colisões de embarcações contra gaiolas em mar aberto (o que se agrava pela inexistência de seguro para esta atividade no Brasil), escassez de pessoal técnico qualificado na atividade (em especial em relação à sanidade), inexistência de legislação trabalhista específica para a aquicultura em mar aberto, e os altos custos para a importação de equipamentos e embarcações especializadas (CAVALLI *et al.*, 2011). Especificamente em relação à piscicultura em mar aberto, a atividade só é financeiramente atrativa com um número relativamente grande de unidades de produção, o que a torna uma atividade restrita a produtores de médio/grande porte (DOMINGUES, 2012).

Além da criação em gaiolas no mar, outra alternativa é a criação do beijupirá em viveiros estuarinos. Como o Brasil tem mais de 18.000 ha de viveiros utilizados na criação de camarão, esta é uma opção interessante, até por que a produção de larvas e juvenis de beijupirá em viveiros já é uma realidade (WEIRICH *et al.*, 2004; BENETTI *et al.*, 2008). O sucesso da engorda do beijupirá em viveiros dependerá, porém, da sua capacidade em tolerar as condições ambientais prevalentes nesses ambientes, como variações de salinidade e níveis relativamente altos de material em suspensão. FAULK e HOLT (2006) relataram que as larvas toleram salinidades relativamente baixas (≈ 15). RESLEY *et al.* (2006) observaram que juvenis sobrevivem a salinidade 5, sugerindo a capacidade do beijupirá tolerar salinidades naturalmente encontradas em ambientes estuarinos. Em viveiros na Bahia, peixes com peso inicial de 0,28 kg alcançaram 1,53 kg após 4 meses de criação com sobrevivência de 82% (CARVALHO FILHO, 2010). Outra possibilidade seria a utilização de sistemas de recirculação, os quais, embora tenham um custo elevado, permitem um maior controle de doenças e parasitas, e redução do impacto ambiental.

Nutrição e alimentação

Embora a alimentação responda por 46 a 77% dos custos operacionais na criação do beijupirá (SANCHES *et al.*, 2008; MIAO *et al.*, 2009; DOMINGUES, 2012), estudos sobre

as exigências nutricionais e do manejo da alimentação ainda são relativamente escassos. Contudo, três revisões tratando deste tema estão disponíveis (CHEN e LIAO, 2007; FRASER e DAVIES, 2009; CAVALLI e GARCIA, 2012). FRASER e DAVIES (2009) destacam que, apesar do beijupirá ser comercializado com peso acima de 4-5 kg, a maioria dos estudos sobre exigências nutricionais foram realizados com peixes menores que 100 g. Há, portanto, a necessidade de se definir as exigências em peixes maiores, principalmente se considerarmos que é na fase de engorda que a maior quantidade de ração é utilizada e, consequentemente, a que tem maior impacto econômico e ambiental.

As exigências de proteína bruta e lipídios do beijupirá foram estimadas em 44,5% e 5,76% (CHOU *et al.*, 2001), respectivamente (Tabela 1). Na Ásia, dietas contendo de 42 a 45% de proteína bruta e 15-16% de lipídios são fornecidas diariamente na fase de engorda a uma taxa de 0,5 a 0,7% da biomassa (LIAO *et al.*, 2004). Segundo SU *et al.* (2000), o tamanho da ração varia de 1,5 a 18 mm, sendo fornecida diariamente a uma taxa de 4,3 a 8% da biomassa, dependendo do tamanho do peixe. O alto teor de lipídios na dieta se deve à preferência do mercado asiático pelo consumo *in natura* (sushi e sashimi), onde uma carne mais gorda é desejável (CRAIG *et al.* 2006). Por outro lado, dietas com mais de 15% de lipídios afetam o crescimento e a ingestão de alimento, o que sugere que o beijupirá prefere proteína a lipídios como fonte de energia. As demais exigências de macro e micronutrientes disponíveis na literatura constam na Tabela 1.

Tabela 1. Estimativas de níveis ótimos de macro e micronutrientes para o beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Nutriente	Nível ótimo (dieta em base seca)	Fonte
Proteína bruta (PB)	44,5%	CHOU <i>et al.</i> (2001)
Metionina	2,64%	ZHOU <i>et al.</i> (2006)
Lisina	2,33%	ZHOU <i>et al.</i> (2007)
Relação PB/energia	34 mg/kJ de energia metabolizável	WEBB <i>et al.</i> (2010)
Lipídios totais	5,76%	CHOU <i>et al.</i> (2001)
EPA + DHA*	8,0 a 12,0 g/kg	CHOU <i>et al.</i> (2001)
Fosfolipídios	≥ 80,0 g/kg	NIU <i>et al.</i> (2008a, b)
Carboidratos	≤ 34,0%	WEBB <i>et al.</i> (2010)

Amido	≤ 21,1%	REN <i>et al.</i> (2011)
Colina	696,0 mg/kg	MAI <i>et al.</i> (2009)
Ácido ascórbico	44,7 mg/kg	XIAO <i>et al.</i> (2010)
Selênio	0,788 mg/kg	LIU <i>et al.</i> (2010)
Manganês	21,72 mg/kg	LIU <i>et al.</i> (2013)

* Somatório dos ácidos graxos altamente insaturados EPA (eicosapentaenóico, 20:5 n-3) e DHA (docosaheptaenóico, 22:6 n-3).

O uso de rejeito de pesca (*trash fish*) ou peixes com baixo valor comercial como alimento para o beijupirá é comum na Ásia (NGUYEN *et al.*, 2008; NHU *et al.*, 2011). SU *et al.* (2000) destacam que dietas extrusadas têm composição e valor nutricional mais estáveis, são mais fáceis de transportar, armazenar e fornecer, e têm menores perdas por lixiviação do que o *trash fish*, ou seja, poluem menos. Além disso, o desempenho é normalmente superior quando se utilizam dietas extrusadas nutricionalmente balanceadas. NGUYEN *et al.* (2008) obtiveram beijupirás com maior peso final (6,8 versus 3,5 kg) e menor conversão alimentar (2,0 versus 2,4) ao fornecer uma dieta extrusada em comparação ao *trash fish*.

Sanidade

O beijupirá é suscetível a várias enfermidades causadas por vírus, bactérias e parasitas que também afetam outras espécies de peixes marinhos. Perdas causadas por problemas sanitários são conhecidas em todas as fases de criação (McLEAN *et al.*, 2008; FAO, 2013).

Como ocorre com espécies com um histórico recente na aquicultura, o incremento na produção vem acompanhado de um aumento na incidência de doenças e parasitas. As principais doenças que acometem o beijupirá em cativeiro são de origem bacteriana, como pasteurellosis (causada por *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*), vibrioses (*Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus*) e streptococcosis (*Streptococcus* sp.), e virais, em especial a linfocistose causada por iridovírus (RAJAN *et al.*, 2001; LIAO *et al.*, 2004; McLEAN *et al.*, 2008; FAO, 2013).

As infestações por ectoparasitas também podem causar mortalidade em larga escala. Geralmente, estes organismos se aderem à pele e brânquias dos peixes, causando ulcerações e dificultando a respiração. Os principais ectoparasitas citados são *Cryptocaryon irritans* e *Ichthyobodo* sp. (BUNKLEY-WILLIAMS e WILLIAMS, 2006), *Caligus epidemicus* (HO *et al.*, 2004) e *Trichodina* (LIAO *et al.*, 2004), mas existem

relatos de mortalidade ocasionada por *Neobenedenia girellae* em Taiwan (OGAWA *et al.*, 2006) e no Brasil (KERBER *et al.*, 2011). CHEN *et al.* (2001) relatam alta mortalidade associada à infestação por *Sphaerospora* em juvenis criados em gaiolas em Taiwan. A infestação severa pelo dinoflagelado *Amyloodinium ocellatum* pode causar rápida mortalidade (BENETTI *et al.*, 2008; McLEAN *et al.*, 2008). Se os sintomas forem detectados no início da infestação, recomenda-se a imersão dos peixes em formalina (0,03–0,1 mL/L por 60 min) ou água doce por 5 min (PEREGRINO JR., 2009; NHU *et al.*, 2011).

Informações sobre os principais problemas sanitários que acometem o beijupirá criado em cativeiro, seus sintomas e as possíveis medidas profiláticas estão disponíveis em FAO (2013). A revisão de McLEAN *et al.* (2008), além de parasitas e doenças, também discute a ocorrência de deformidades.

Somente recentemente, o fornecimento de probióticos, suplementos microbianos vivos que, ao alterarem a microbiota do trato gastrointestinal podem afetar positivamente o crescimento, a digestão e a imunidade, conferindo melhor resistência às doenças, passaram a ser estudados no beijupirá. GENG *et al.* (2011; 2012) demonstraram que dietas suplementadas com probióticos afetaram não só o crescimento, mas também a sobrevivência de juvenis de beijupirá expostos a *Vibrio harveyi*.

Mercado

Apesar de sua ampla distribuição natural, a baixa captura pela pesca faz com que o beijupirá não seja facilmente encontrado no mercado. O desconhecimento pelo público consumidor implica na necessidade de investimentos na área de marketing e propaganda, como forma de difundir as suas qualidades (CAVALLI *et al.*, 2011; NHU *et al.*, 2011).

O preço de comercialização do beijupirá produzido em Taiwan em 1999 e exportado para o Japão variava entre US\$ 5,00 a 6,00/kg (SU *et al.*, 2000). Segundo SCHWARZ e SVENNEVIG (2009) o preço do beijupirá varia de acordo com a região. Na América Central, o peixe inteiro foi vendido por US\$ 13,00/kg, e o filé por US\$ 26,00/kg, enquanto no Estado da Virgínia, EUA, o filé foi comercializado a US\$ 35,00–40,00/kg. Já nas Ilhas Reunião e Mayotte, sul do Oceano Índico, o preço era US\$ 14,28/kg do peixe inteiro e US\$ 31,43/kg do filé. No Brasil, o beijupirá inteiro alcança valores entre R\$ 12,00 e 22,00/kg nos supermercados. Em São Paulo, por exemplo, os preços comumente praticados variam entre R\$ 12,00 a 15,00/kg (SANCHES *et al.*, 2008). Na bacia Camamu-Almada, sudeste da Bahia, o preço médio comercializado pelos pescadores artesanais e pago pelo consumidor final seriam R\$ 6,00 e 7,50/kg, respectivamente (SOUZA e

PETREIRE JR, 2008). Contudo, é importante destacar que estes valores referem-se a exemplares da pesca, visto que a comercialização no mercado brasileiro de beijupirá produzido pela aquicultura é praticamente inexistente. Em Pernambuco, o preço de venda do beijupirá criado alcançou R\$ 15,00/kg (LIMA, 2009), valor superior ao pago por exemplares da pesca.

Conclusão

Embora a espécie venha sendo considerada como uma excelente opção para o desenvolvimento da piscicultura marinha brasileira, pouco se conhece sobre a sua biologia no país. O fator geográfico influencia o hábito alimentar da espécie e torna evidente a necessidade de estudos que determinem seus padrões reprodutivos e alimentares nas condições ambientais encontradas ao longo do litoral brasileiro. Por outro lado, a criação de uma espécie, além de considerar os padrões naturais, deve ser precedida de experimentação em áreas como reprodução, larvicultura, sanidade, crescimento e nutrição, entre outros temas de igual importância. Neste processo, o conhecimento a respeito da espécie e da tecnologia de criação em outras partes do mundo e sua adaptação às condições brasileiras pode contribuir para minimizar o tempo para se alcançar o sucesso na atividade.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado para S. Hamilton e de Produtividade em Pesquisa para R. O. Cavalli.

Referências

- ARENDT, M.D.; OLNEY, J.E.; LUCY, J.A. 2001 Stomach content analysis of cobia, *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay. *Fishery Bulletin*, 99: 665–670.
- ARNOLD, C.R.; KAISER, J.B.; HOLT, G.J. 2002 Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. *Journal of World Aquaculture Society*, 33(2): 205-208.
- ATWOOD, H.L.; YOUNG, S.P.; TOMASSO, J.R.; SMITH, T.I.J. 2004 Resistance of cobia, *Rachycentron canadum*, juveniles to low salinity, low temperature, and high environmental nitrite concentrations. *Journal of Applied Aquaculture*, 15(3/4): 191-195.
- BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L.C. 2010 *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM. 608p.

- BENETTI, D.D.; ORHUN, M.R.; SARDENBERG, B.; O'HANLON, B.; WELCH, A.; HOENIG, R.; ZINK, I.; RIVERA, J.A.; DENLINGER, B.; BACON, D.; PALMER, K.; CAVALIN, F. 2008 Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 39: 701-711.
- BENETTI, D.D.; O'HANLON, B.; RIVERA, J.A.; WELCH, A.W.; MAXEY, C.; ORHUN, M.R. 2010 Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture*, 302: 195-201.
- BIANCHI, G. 1985 *FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the commercial marine and brackish-water species of Pakistan*. Roma: FAO. 200p.
- BIESIOT, P.M.; CAYLOR, R.E.; FRANKS, J.S. 1994 Biochemical and histological changes during ovarian development of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 92: 686-696.
- BRASIL. 2007 *Estatística da pesca - 2007 - Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, IBAMA Coordenação-Geral de Gestão de Recursos Pesqueiros. Brasília, 113p.
- BRASIL. 2010 *Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2008-2009*. Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília, 99p.
- BRASIL. 2012 *Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2010*. Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília, 128p.
- BRIGGS, J.C. 1960 Fishes of worldwide (Circumtropical) distribution. *Copeia*, 1960(3): 171-180.
- BROWN-PETERSON, N.J.; OVERSTREET, R.M.; LOTZ, J.M.; FRANKS, J.S.; BURNS, K.M. 2001 Reproductive biology of cobia, *Rachycentron canadum*, from coastal waters of the southern United States. *Fishery Bulletin*, 99: 15–28.
- BUNKLEY-WILLIAMS, L. e WILLIAMS, E.H. Jr. 2006 New records of parasites for cultured cobia, *Rachycentron canadum* (Perciformes: Rachycentridae) in Puerto Rico. *Revista de Biología Tropical*, 54(supl. 3): 1-7.
- CARVALHO FILHO, A. 1999 *Peixes da Costa brasileira*. 3ª ed. São Paulo: Ed. Melro. 320p.
- CARVALHO FILHO, J. 2006 O êxito da primeira desova do bijupirá. *Panorama da Aquicultura*, 16(97): 40-45.
- CARVALHO FILHO, J. 2010 Bijupirá em viveiro de terra. *Panorama da Aquicultura*, 20(120): 46-49.
- CAVALLI, R. O. e HAMILTON, S. 2009 Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 6: 64-69.

CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. 2011 Desenvolvimento da produção de peixes marinhos em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40: 151-164.

CAVALLI, R.O. e GARCIA, A.S. 2012 Exigências nutricionais e alimentação do beijupirá. In: FRACALLOSSI, D.M. e CYRINO, J.E.P. *Nutriaqua - Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. Florianópolis, Brasil: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática - AQUABIO. p.269-282.

CAYLOR, R.E.; BIESIOT, P.M.; FRANKS, J.S. 1994 Culture of cobia (*Rachycentron canadum*): cryopreservation of sperm and induced spawning. *Aquaculture*, 125: 81-92.

CHEN, H.Y. e LIAO, I.C. 2007 Nutritional research and feed development in cobia: status and prospects. In: LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. *Cobia aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. p.89-96.

CHEN, S.C.; KOU, R.J.; WU, C.T.; WANG, P.C.; SU, F.Z. 2001 Mass mortality associated with a *Sphaerospora*-like myxosporidean infestation in juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (L.), marine cage cultured in Taiwan. *Journal of Fish Diseases*, 24: 189-195.

CHOU, R.L.; SU, M.S.; CHEN, H.Y. 2001 Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 193: 81-89.

CHOU, R.L.; HER, B.Y.; SU, M.S.; HWANG, G.; WU, Y.H.; CHEN, H.Y. 2004 Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229: 325-333.

COLBURN, H.R.; WALKER, A.B.; BERLINSKY, D.L.; NARDI, G.C. 2008 Factors affecting survival of cobia *Rachycentron canadum*, during simulated transport. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39: 678-683.

COLLETE, B.B. 2002 Rachycentridae. Cobia. In: CARPENTER, K.E. *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Atlantic*. Vol. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. Roma: FAO. p 1420-1421.

CRAIG, S.R.; SCHWARZ, M.H.; MCLEAN, E. 2006 Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. *Aquaculture*, 261: 384-391.

DARRACOTT, A. 1977 Availability, morphometrics, feeding and breeding activity in a multispecies, demersal fish stock of the western Indian Ocean. *Journal of Fish Biology*, 10: 1-16.

- DAWSON, C.E. 1971 Occurrence and description of prejuvenile and early juvenile Gulf of Mexico cobia, *Rachycentron canadum*. *Copeia*, 1971(1): 65-71.
- DOMINGUES, E.C. 2012 *Viabilidade econômica do cultivo do beijupirá (Rachycentron canadum) em mar aberto em Pernambuco*. Recife. 84p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco). Disponível em: <<http://www.pgpa.ufrpe.br/Trabalhos/2012/T2012ecd.pdf>> Acesso em: 30 jan. 2013.
- DOMINGUES, E.C.; PEREGRINO JR., R.B.; SANTOS, J.C.P.; SEVERI, W.; HAZIN, F.H.V.; HAMILTON, S. 2007 Biologia reprodutiva do beijupirá, *Rachycentron canadum*, capturado no litoral de Pernambucano. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR 12, Florianópolis, 15-19/abr./2007. *Anais...* Associação Brasileira de Oceanografia. CD-ROM.
- FAO. 2012 Fisheries and Aquaculture Department, Statistic and Information Service. FishStatJ: Universal software for fishery statistical time series. Copyright 2011.
- FAO. 2013 Cultured Aquatic Species Information Programme – *Rachycentron canadum* Disponível em: <www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rachycentroncanadum/en> Acesso em: 29 jan. 2013.
- FAULK, C.K. e HOLT, G.J. 2006 Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. *Aquaculture*, 254: 275-283.
- FAULK, C.K. e HOLT, G.J. 2008 Biochemical composition and quality of captive-spawned cobia *Rachycentron canadum* eggs. *Aquaculture*, 279: 70-76.
- FELIX, F.C. e HACKRADT, C.W. 2008 Interaction between *Rachycentron canadum* and *Epinephelus itajara*, on the Paraná coast, Brasil. *Coral reefs*, 27: 633.
- FIGUEIREDO, J.L. e MENEZES, N.A. 1980 *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)*. São Paulo: Museu de Zoologia da USP. 90p.
- FINES, B.C. e HOLT, G.J. 2010 Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 303: 34-39.
- FRANKS, J.S.; GARBER, N.M.; WARREN, J.R. 1996 Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 94: 374-380.
- FRANKS, J.S.; WARREN, J.R.; BUCHANAN, M.V. 1999 Age and growth of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northeastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 97: 459-471.
- FRANKS, J.S.; OGLE, J.T.; LOTZ, J.M.; NICHOLSON, L.C.; BARNES, D.N.; LARSEN, K.M. 2001 Spontaneous spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, induced by

human chorionic gonadotropin (HCG), with comments on fertilization, hatching, and larval development. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 52: 598-609.

FRASER, T.W.K. e DAVIES, S.J. 2009 Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. *Aquaculture Research*, 40: 1219-1234.

GAUMET, F.; BABET, M-C; BETTES, A.; TOULLEC, A.L.; SCHIRES, G.; BOSC, P. 2007 Advances in cobia, *Rachycentron canadum*, research in La Reunion Island (France): problems and perspectives. In: LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. *Cobia Aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. p.115–129.

GENG, X.; DONG, X.H.; TAN, B.P.; YANG, Q.; CHI, S.Y.; LIU, H.Y.; LIU, X.Q. 2011 Effects of dietary chitosan and *Bacillus subtilis* on the growth performance, non-specific immunity and disease resistance of cobia, *Rachycentron canadum*. *Fish and Shellfish Immunology*, 31: 400-406.

GENG, X.; DONG, X.H.; TAN, B.P.; YANG, Q.H.; CHI, S.Y.; LIU, H.Y.; LIU, X.Q. 2012 Effects of dietary probiotics on the growth performance, non-specific immunity and disease resistance of cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture Nutrition*, 18: 46-55.

GILL, T. 1895 The nomenclature of *Rachicentron* or *Elacate*, a genus of acanthopterygian fishes. *Proceedings of the United States National Museum*, 18(1059): 217-219.

GUERRA-SANTOS, B.; ALBINATI, R.C.B.; MOREIRA, E.L.T.; LIMA, F.W.M.; AZEVEDO, T.M.P.; COSTA, D.S.P.; MEDEIROS, S.D.C.; LIRA, A.D. 2012 Parâmetros hematológicos e alterações histopatológicas em bijupirá (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) com amyloodiniose. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32(11): 1184-1190.

GRANT, G.S. e FERRELL, D. 1993 Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea* (Reptilia: Dermochelidae): Notes on near-shore feeding behavior and association with cobia. *Brimleyana*, 19: 77-81.

HASSLER, W.W. e RAINVILLE, R.P. 1975 Techniques for hatching and rearing cobia, *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages. *University of North Carolina Sea Grant Program Publication, Raleigh, USA. UNC-SG-75-30*, 26p.

HITZFELDER, G.M.; HOLT, G.J.; FOX, J.M; McKEE, D.A. 2006 The effect of rearing density on growth and survival of cobia, *Rachycentron canadum*, larvae in a closed recirculating aquaculture system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37(2): 204-209.

HO, J.S.; KIM, I.H.; CRUZ-LACIERDA, E.R.; NAGASAWA, K. 2004 Sea lice (Copepoda, Caligidae) parasitic on marine cultured and wild fishes of the Philippines. *Journal of Fishery Society of Taiwan*, 31(4): 235-249.

- HOLT, G.J.; FAULK, C.K.; SCHWARZ, M.H. 2007 A review of the larviculture of cobia *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. *Aquaculture*, 268: 181–187.
- JOHNSON, G.D. 1984 Percoidei: development and relationships. In: MOSER, H.G.; RICHARDS, W.J.; COHEN, D.M.; FAHAY, M.P.; KENDALL, A.W.; RICHARDSON, S.L. *Ontogeny and systematics of fishes*. American Society of Ichthyology Herpetologist: Special Publication, 1: p.464-498.
- JOSEPH, E.B.; NORCROSS, J.J.; MASSMANN, W.H. 1964 Spawning of the cobia, *Rachycentron canadum*, in the Chesapeake Bay area, with observations of juvenile specimens. *Chesapeake Science*, 5(1/2): 67-71.
- KAISER, J.B. e HOLT, G.J. 2005 Species Profile Cobia. (S.I.): *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication 7202, 6 p. Disponível em: <<https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/180/>> Acesso em: 23 jan. 2013.
- KERBER, C.E.; SANCHES, E.G.; SANTIAGO, M.; LUQUE, J.L. 2011 First record of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in sea-farmed cobia (*Rachycentron canadum*) in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 20: 331-333.
- KILDUFF, P.; DUPAUL, W.; OESTERLING, M.; OLNEY, J.; TELLOCK, J. 2002 Induced tank spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, and early larval husbandry. *World Aquaculture*, 33: 35-39.
- KNAPP, F.T. 1951 Food habits of the sergeantfish, *Rachycentron canadus*. *Copeia*, 1951(1): 101-102.
- LEFEBVRE, L.S. e DENSON, M.R. 2012 Inshore spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in South Carolina. *Fishery Bulletin*, 110: 397-412.
- LIAO, I.C.; HUANG, T.S.; TSAI, W.S.; HSUEH, C.M.; CHANG, S.L.; LEAÑO, E.M. 2004 Cobia culture in Taiwan: current status and problems. *Aquaculture*, 237: 155-165.
- LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. 2007 *Cobia aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. 178p.
- LIM, B.S.; KAGAWA, H.; GEN, K.; OKUZAWA, K. 2003 Effects of water temperature on the gonadal development and expression of steroidogenic enzymes in the gonad of juvenile red seabream, *Pagrus major*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 161-162.
- LIMA, F. 2009 Estado realiza operação pioneira. *Jornal do Commercio*, Recife, p. 8. Economia, 25 de out. 2009.
- LIMA, L.N.S.S.; BEZERRA, T.R.Q.; HAMILTON, S.; CAVALLI, R.O. 2012 Identificação de regiões favoráveis ao cultivo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no

litoral brasileiro considerando a temperatura como fator determinante. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA 5, Palmas, 01-05/jul./2012. *Anais... Aquabio*. CD-ROM.

LIN, J.H.Y.; CHEN, T.Y.; CHEN, M.S.; CHEN, H.E.; CHOU, R.L.; CHEN, T.I.; SU, M.S.; YANG, H.L. 2006 Vaccination with three inactivated pathogens of cobia (*Rachycentron canadum*) stimulates protective immunity. *Aquaculture*, 255: 125–132.

LIU, K.; WANG, X.J.; AI, Q.; MAI, K.; ZHANG, W. 2010 Dietary selenium requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. *Aquaculture Research*, 41: 594-601.

LIU, K.; AI, Q.H.; MAI, K.S.; ZHANG, W.B.; ZHANG, L.; ZHENG, S.X. 2013. Dietary manganese requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. *Aquaculture Nutrition*, 19: 461-467.

LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T.; SENA, M.P. 2001 Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, 1(1): 56-59.

LOTZ, J.M.; OVERSTREET, R.M.; FRANKS, J.S. 1996 Gonadal maturation in the cobia, *Rachycentron canadum*, from the northcentral Gulf of Mexico. *Gulf Research Reports*, 9: 147–159.

LU, C.H. e KU, C.C. 2013. Effects of shrimp waste meal on growth performance and chitinase activity in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Research*, 44: 1190-1195.

MAI, K.; XIAO, L.; AI, Q.; WANG, X.; XU, W.; ZHANG, W.; LIUFU, Z.; REN, M. 2009 Dietary choline requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 289: 124–128.

McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S.R. 2008 Parasites, diseases and deformities of cobia. *Ribarstvo*, 66(1): 1-16.

MEYER, G.H. e FRANKS, J.S. 1996 Food of cobia *Rachycentron canadum* from the northcentral Gulf of Mexico. *Gulf Research Report*, 9: 161-167.

MIAO, S.; JEN, C.C., HUANG, C.T.; HU, S.H. 2009 Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. *Aquaculture International*, 17: 125-141.

NAKAMURA, H. 2007 Cobia culture in Okinawa. In: LIAO, I.C. e LEAÑO, E. M, *Cobia aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. p.97-103.

NGUYEN, Q.H.; SVEIER, H.; BUI, V.H.; LE, A.T.; NHU, V.C.; TRAN, M.T.; SVENNEVIG, N.

2008 Growth performance of cobia, *Rachycentron canadum*, in sea cages using extruded fish feed or trash fish. In: YANG, Y.; VU, X.Z.; ZHOU, Y.Q. *Cage aquaculture in Asia: Proceeding of the second international symposium on cage aquaculture in Asia*. Manila, Philippines: Asian Fishery Society. p.42–47.

NGUYEN, Q.H.; TRAN, T.M.; REINERTSEN, H.; KJØRSVIK, E. 2010 Effects of dietary essential fatty acid levels on broodstock spawning performance and egg fatty acid composition of cobia, *Rachycentron canadum*. *Journal World Aquaculture Society*, 41(5): 687–699.

NHU, V.C.; DIERCKENS, K.; NGUYEN, T.H.; TRAN, M.T.; SORGeloos, P. 2009 Can umbrella-stage *Artemia franciscana* substitute enriched rotifers for cobia (*Rachycentron canadum*) fish larvae? *Aquaculture*, 289: 64-69.

NHU, V.C.; NGUYEN, H.Q.; LE, T.L.; TRAN, M.T.; SORGeloos, P.; DIERCKENS, K.; REINERTSEN, H.; KJØRSVIK, E.; SVENNEVIG, N. 2011 Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. *Aquaculture*, 315(1-2): 20-25.

NIU, J.; LIU, Y.J.; TIAN, L.X.; MAI, K.S.; YANG, H.J.; YE, C.X.; ZHU, Y. 2008a The effect of different levels of dietary phospholipids on growth, survival and nutrient composition of early juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 249–256.

NIU, J.; LIU, Y.J.; TIAN, L.X.; MAI, K.S.; YANG, H.J.; YE, C.X.; ZHU, Y. 2008b Effects of dietary phospholipid level in cobia (*Rachycentron canadum*) larvae: growth, survival, plasma lipids and enzymes of lipid metabolism. *Fish Physiology and Biochemistry*, 34: 9–17.

OGAWA, K.; MIYAMOTO, J.; WANG, H.C.; LO, C.F; KOU, G.H. 2006 *Neobenedenia girellae* (Monogenea) infection of cultured cobia *Rachycentron canadum* in Taiwan. *Fish Pathology*, 41 (2): 51-56.

OSTRENSKY, A. e BOEGER, W. A. 2008 Principais problemas enfrentados atualmente pela aqüicultura Brasileira. In: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. *Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: FAO. p.135-158.

PEREGRINO JR, R.B. 2009 *Formação e manejo de um plantel de reprodutores do beijupirá (Rachycentron canadum) em Pernambuco*. Recife. 52p. (Dissertação de

- Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco). Disponível em: <<http://www.pgpa.ufpe.br/Trabalhos/2009/T2009rbpj.pdf>> Acesso em: 23 jan. 2013.
- PISO, W. e MARCGRAVE, G. 1648 *Historia Naturalis Brasiliae*. Leiden: Franciscus Hack. Amsterdam: Ludovicus Elzevier. 452p.
- RAJAN, P.R.; LOPEZ, C.; LIN, J.H.Y.; YANG, H.L. 2001 *Vibrio alginolyticus* infection in cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in Taiwan. *Bulletin of the European Society of Fish Pathologists*, 21(6): 228-234.
- RANDALL, J.E. e BISHOP, B.P. 1967 Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, 5: 665-847.
- REN, M.; AI, Q.; MAI, K.; MA, H.; WANG, X. 2011 Effect of dietary carbohydrate level on growth performance, body composition, apparent digestibility coefficient and digestive enzyme activities of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. *Aquaculture Research*, 42: 1467-1475.
- RESLEY, M.J.; WEBB, K.A.; HOLT, G.J. 2006 Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 253: 398-407.
- RICHARDS, C.E. 1967 Age, growth and fecundity of the cobia, *Rachycentron canadum*, from Chesapeake Bay and adjacent Mid-Atlantic waters. *Transaction of the American Fisheries Society*, 96(3): 343-350.
- RODRIGUES, R.V.; SCHWARZ, M.H.; DELBOS, B.C.; SAMPAIO, L.A. 2007 Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 271: 553-557.
- SAMPAIO, L.A.; TESSER, M.B.; WASIELESKY JR, W. 2010 Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 102-111.
- SAMPAIO, L.A.; MOREIRA, C.B.; MIRANDA-FILHO, K.C.; ROMBENSO, A.N. 2011 Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast. *Aquaculture Research*, 42: 832-834.
- SANCHES, E.G.; SECKENDORFF, R.W.V.; HENRIQUES, M.B.; FAGUNDES, L.; SEBASTIANI, E.F. 2008 Viabilidade econômica do cultivo do bijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. *Informações Econômicas*, 38(12): 42-51.
- SCHUBART, O. 1936 Investigações sobre os viveiros do Recife. *Boletim da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de Pernambuco*, 1(2): 153-176.

- SCHWARZ, M.H.; McLEAN, E.; CRAIG, S.R. 2007 Research experience with cobia: larval rearing, juvenile nutrition and general physiology. In: LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. *Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. p.1-17.
- SCHWARZ, M.H.; CRAIG, S.R.; DELBOS, B.C.; McLEAN, E. 2008 Efficacy of concentrated algal paste during greenwater phase of cobia larviculture. *Journal of Applied Aquaculture*, 20(4): 285-294.
- SCHWARZ, M.H. e SVENNEVIG, N. 2009 Cobia culture, global production, markets, challenges. *Global Aquaculture Advocate*, 12(1): 28-30.
- SHAFFER, R.V. e NAKAMURA, E.L. 1989 Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). *FAO Fisheries Synopsis*, 153. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. Washington D.C. 21p.
- SILVA, J.E. 1976 *Fisioecologia do camorim, Centropomus undecimalis (Bloch, 1792). Estudo experimental em ambiente confinado*. São Paulo. 101p. (Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo).
- SMITH, H.M. 1897 The fishes found in the vicinity of Woods Hole. *Bulletin of The United States Fish Commission*, 1897: 85-111.
- SMITH, J.W. e MERRINER, J.V. 1982 Association of cobia, *Rachycentron canadum*, with cownose ray, *Rhinoptera bonasus*. *Estuaries*, 5(3): 240-242.
- SMITH, J.W. 1995 Life history of cobia, *Rachycentron canadum* (Osteichthyes: Rachycentridae), in North Carolina Waters. *Brimleyana*, 23: 1-23.
- SOUZA, T.C.M. e PETRERE, M. 2008 Characterization of small-scale fisheries in the Camamu-Almada basin, southeast state of Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 711-719.
- SOUZA FILHO, J.J.; TOSTA, G.A.M. 2008 Bijupirá: As primeiras desovas da geração F1. *Panorama da Aquicultura*, 18(110): 50-53.
- STIEGLITZ, J.D.; BENETTI, D.D.; HOENIG, R.H.; SARDENBERG, B.; WELCH, A.W.; MIRALAO, S. 2012a Environmentally conditioned, year-round volitional spawning of cobia, *Rachycentron canadum* in broodstock maturation systems. *Aquaculture Research*, 43: 1557-1566.
- STIEGLITZ, J.D.; BENETTI, D.D.; SERAFY, J.E. 2012b Optimizing transport of live juvenile cobia (*Rachycentron canadum*): effects of salinity and shipping biomass. *Aquaculture*, 364-365: 293-297.

- SU, M.S.; CHIEN, Y.H.; LIAO, I.C. 2000 Potential of marine cage aquaculture in Taiwan: cobia culture. In: LIAO, I.C. e LIN, C.K. *Cage aquaculture in Asia. Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia*. Manila: Asian Fisheries Society. p.97-106.
- SUN, L.; CHEN, H.; HUANG, L. 2006 Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 261: 872–878.
- TANG, B.G.; CHEN, G.; SHI, G.; WU, Z.H. 2006 Alimentary canal contents of cobia *Rachycentron canadum* larvae cultured in ponds. *Journal Zhanjiang Ocean University*, 26: 12-16.
- TANG, B.G.; CHEN, G.; WU, Z.H. 2010 Application of a microdiet in cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) larvae rearing. *Aquaculture Research*, 41: 315-320.
- VELDE, T.D.; GRIFFITHS, S.P.; FRY, G.C. 2010 Reproductive biology of the commercially and recreationally important cobia *Rachycentron canadum* in northeastern Australia. *Fishery Science*, 76: 33-43
- WEBB, K.A.; RAWLINSON, L.T.; HOLT, G.J. 2010 Effects of dietary starches and the protein to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture Nutrition*, 16: 447–456.
- WEIRICH, C.R.; SMITH, T.I.J.; DENSON, M.R.; STOKES, A.D.; JENKINS, W.E. 2004 Pond culture of larval and juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, in the Southeastern United States: initial observations. *Journal of Applied Aquaculture*, 16(1/2): 27-44.
- WEIRICH, C.R.; STOKES, A.D.; SMITH, T.I.J.; JENKINS, W.E.; DENSON, M.R.; TOMASSO, J.R.; CHAPPEL, J.; BURNSIDE, D. 2007 Cobia Aquaculture research in South Carolina, USA: captive reproduction, pond nursery production, and selected environmental requirements of juveniles. In: LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M, *Cobia aquaculture: research, development and commercial production*. Taiwan: Asian Fisheries Society. p.19-44.
- XIAO, L.D.; MAI, K.S.; AI, Q.H; XU, W.; WANG, X.J.; ZHANG, W.B.; LIUFU, Z.G. 2010 Dietary ascorbic acid requirement of cobia, *Rachycentron canadum* Linnaeus. *Aquaculture Nutrition*, 16: 582-589.
- YU, S.L.; UENG, P.S. 2007 Impact of water temperature on growth in cobia, *Rachycentron canadum*, cultured in cages. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 59(1): 47-51.

ZHOU, Q.C.; WU, Z.H.; TAN, B.P.; CHI, S.Y.; YANG, Q.H. 2006 Optimal dietary methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 258: 551-557.

ZHOU, Q.C.; WU, Z.H.; TAN, B.P.; CHI, S.Y.; YANG, Q.H. 2007 Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 273: 634-640.

CAPÍTULO 3 - BIOLOGIA REPRODUTIVA DO BEIJUPIRÁ (Artigo 2)

Reproductive biology of *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil
Santiago HAMILTON, Ernesto Carvalho DOMINGUES, Ronaldo Barradas PEREGRINO
JÚNIOR, Mariana Gomes do RÊGO, Fábio Hissa Vieira HAZIN, William SEVERI

Artigo a ser submetido à revista *Environmental Biology of Fishes*
(Normas em: <http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10641>)

Reproductive biology of *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil

Santiago Hamilton^{1,2}, Ernesto C. Domingues³, Ronaldo B. Peregrino Júnior¹, Mariana G. do Rêgo¹, Fábio H. V. Hazin¹ e William Severi¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil.

Telefone/Fax: +558133206500. E-mail: santihamilton@hotmail.com

² Postgraduate Program in Fishing Resources and Aquaculture. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura.

³ Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia. Av. Prof. Moraes Rego 1235, Cidade Universitária CEP 50670-901, Recife, PE, Brazil

Abstract

The aim of the present study was to investigate the reproductive biology of cobia (*Rachycentron canadum*) on the coast of the state of Pernambuco, Brazil. One hundred eleven individuals caught between February 2004 and August 2006 were analyzed 54 females with fork length (FL) ranging from 40 and 137 cm ($\bar{x} = 90.7$ cm) and 57 males with FL ranging from 43 to 114.5 cm ($\bar{x} = 82.4$ cm)]. Histological analysis was used to identify maturational phases and spawning capable females were found in all bimonthly sampling periods throughout the year. Size at first maturity (L_{50}) was 69.8 cm FL for females and 100% of the females in the length class of 90-100 cm FL or higher were adults. Overall batch fecundity ranged from 192,063 to 1,600,513 ($\bar{x} = 722,398 \pm 430,911$) and mean relative batch fecundity ranged from 32.9 to 104.8 ($\bar{x} = 71.1 \pm 29.8$) oocytes/gram of body weight. The data indicate that the reproduction of the cobia on the coast of Pernambuco occurs throughout the year, with peaks between January and April, when the highest gonadosomatic indices are found for females.

Keywords: Batch fecundity, Marine fish, Sexual maturity, Spawning season, Reproduction

Introduction

The cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), is the only representative of the family Rachycentridae. This neritic, epipelagic species is widely distributed in tropical and subtropical waters in all oceans except the eastern portion of the Pacific (Shaffer and Nakamura 1989). The cobia is a rare species in landings of commercial and artisanal fleets. The worldwide catch rate was only 13,751 tons (t) in 2014, with Pakistan being the major producer (3,257 t), and Brazil catching only 974 t (FAO 2016), corresponding to approximately 0.2% of all marine fish caught in the country, which was 536,455 t in 2011 (MPA 2013). In the state of Pernambuco (northeastern Brazil), catches are mainly performed by underwater sport fishing and, on a smaller scale, by artisanal fishermen, with only 0.5 t of cobia caught annually (IBAMA 2008).

Despite the low catch volumes, the species is indicated for aquaculture due to its rapid growth (Arnold et al. 2002; Chou et al. 2004; Benetti et al. 2008), the excellent quality of its meat (Craig et al. 2006; Liao and Leñaño 2007) and successful spawning in captivity (Franks et al. 2001; Arnold et al. 2002; Peregrino Jr. et al. 2014). Due to these characteristics, the production of cobia reached 40,329 t in 2014, with China, Vietnam, Panama and Taiwan the main producers (FAO 2016).

Studies conducted in the USA indicate that the species spawns preferentially in the spring and summer (Biesiot et al. 1994; Brown-Peterson et al. 2001). However, Lotz et al. (1996) concluded that the cobia performs multiple spawning throughout the reproductive season, which extends from April to September in the northern hemisphere. In the Gulf of Mexico, spawning occurs in areas distant from the shore (30 to 40 miles), where larvae are found (13 to 15 mm), whereas larger individuals are found close to the coast (Dawson 1971). However, the presence of eggs in the area surrounding Chesapeake Bay in the USA (Joseph et al. 1964) as well as eggs and larvae in estuarine waters in the state of South Carolina (USA) (Lefebvre and Denson 2012) indicate that reproduction also occurs in areas close to the coast or even in estuaries with high salinity. A similar pattern is found in the southern hemisphere, with the spawning period spanning from September to June in Australia, which are the warmest months of the year (Velde et al. 2010).

Mean size at first maturity is estimated to be 78.4 cm in fork length (FL) for females in Australia (Velde et al. 2010), whereas males in Chesapeake Bay (USA) reach maturity in the second year of life at 51.8 cm FL and females become mature at three years of life at 69.6 cm FL (Richards 1967). Mean fecundity in females weighing 10 kg is 1.8×10^6 eggs per spawn in the USA (Brown-Peterson et al. 2001; Arnold et al. 2002; Weirich et al.

2007), whereas mean fecundity in Australia is estimated at 2.8×10^6 eggs (Velde et al. 2010).

Although the cobia has been indicated for the marine aquaculture activities in Brazil, information on its biology are scarce. As data on reproductive biology assist in the stock assessment of species (Fonteles Filho 2011), the deficiency or lack of scientific data on biology and specifically reproductive biology is a limiting factor for the development of aquaculture activities (Godinho 2007). Considering the scarcity of information on the reproduction of the cobia in Brazil, the aim of the present study was to evaluate the reproductive biology of the species in the northeastern region of the country to contribute important data to the development of marine aquaculture.

Material and Methods

The individuals analyzed in the present study were caught on the coast of the state of Pernambuco, Brazil (07°35'S - 034°49'W and 08°54'S - 035°09'W) in isobaths from 20 to 45 m) between February 2004 and August 2006 by artisanal handline operations and underwater sport fishing activities and kept in a freezer at -10°C. In the laboratory, the specimens were measured for the determination of total weight (TW, in kg) as well as total length and fork length (TL and FL, in cm). The specimens were then eviscerated. The gonads were weighed, fixed in a 10% formalin solution for 48 hours and then stored in 70% alcohol.

The proportion of males and females in relation to length classes was compared using the chi-square test (χ^2) at a 5% level of significance considering an estimated proportion of 1:1 (Zar, 2010). The TW-TL ratio of the species was calculated using the exponential model: $TW = a TL^b$. The FL-TL ratio was calculated using the linear function: $FL = a + bTL$. The effect of sex on the TW-TL and FL-TL ratios was tested by comparing the regression coefficients (b). The type of growth was also classified (isometric, negative or positive allometric) by comparing the 'b' of females and males to 3 (isometric growth). In these two analyses, the Student's t-test was used with the level of significance set to 5% (Zar, 2010).

Size at first maturity (L_{50}) for females was defined as the FL at which 50% of the population had begun the reproductive cycle (Vazzoler 1996) and was estimated based on the relative frequency of mature females per length class, adjusting the logistic function to the data using the following equation:

$$P = \frac{1}{1 + \exp(a + bFL)}$$

in which P is the percentage of mature females as a function of FL and a and b are parameters of the function. It was not possible to calculate the L_{50} for males due to the non-occurrence of immature and mature males in the same length class.

The microscopic analysis was performed using cuts from the middle portion of the gonads, since no differences are found between the anterior, middle and posterior portions in *R. canadum* (Lotz et al. 1996; Velde et al. 2010). The fragments were dehydrated in increasing concentrations of alcohol (80%, 90%, 100% I and 100% II), cleared in xylol I and II and embedded in liquid paraffin at 60°C. Next, blocks measuring 6 µm in thickness were cut on a microtome (LEICA®) and stained with hematoxylin and eosin (Junqueira and Carneiro 2013). The slides were analyzed under a light microscope (Trinocular NIKON 50i). The scale proposed by Brown-Peterson et al. (2011) was used for the maturation phases of the females, which were classified as immature, developing, spawning capable, regressing and regenerating. Males were classified as immature (absence of sperm in the seminiferous tubules) or mature (stock of sperm in the seminiferous tubules).

After the classification of the maturation phases of females and males, the results were grouped in bimonthly periods (independently of the year of capture) for the identification of the spawning period. The gonadosomatic index (GSI) of females and males (without immature individuals) was also determined:

$$GSI = \frac{GW (g)}{TW (g) - GW (g)} \times 100$$

The GSI data were grouped in bimonthly periods (independently of the year of capture) for the identification of reproductive peaks. The non-parametric Kruskal-Wallis test was used for the determination of differences in GSI between bimonthly periods (Zar 2010), with the aid of the Statistica 8 program (StatSoft Inc., Tulsa, USA), considering a 5% level of significance.

For the analysis of spawning type, maximum diameters of oocytes with the nucleus in the central position were measured using ImageTool version 3.0 for Windows (University of Texas Health Science Center, San Antonio, TX, USA). Seventeen females in different phases of maturational development (three immature, four developing, four spawning capable, two regressing and four regenerating) were analyzed and the frequency distribution per oocyte diameter class was determined. Spawning type was classified based on Murua and Saborido-Rey (2003).

The gravimetric method was used for the analysis of batch fecundity (Fb) (Murua et al., 2003). For such, three subsamples were removed (w_b , mean weight: 0.52 ± 0.02 g) from seven spawning capable ovaries (females with TW between 6.0 and 16.1 kg). The material was immersed in Gilson's solution for the complete dissociation of the oocytes. The number of mature oocytes (diameter: $> 700 \mu\text{m}$) were counted (Brown-Peterson et al. 2001). The subsample data were extrapolated to the total gonad weight (GW) using the following equation:

$$\text{Fb} = \frac{\sum i \frac{o_i}{w_i}}{3} \times \text{GW},$$

in which o_i is the number of mature oocytes contained in the subsample with weight w_i . The relative fecundity of the batch was expressed as the number of mature oocytes per gram of female weight (without the ovary).

Results

One hundred eleven specimens were collected: 54 females with FL ranging from 40.0 to 137.0 cm ($\bar{x} = 90.7$ cm) and TW ranging from 0.4 to 29.8 kg ($\bar{x} = 8.6$ kg) and 57 males with FL ranging from 43.0 to 114.5 cm ($\bar{x} = 82.4$ cm) and TW ranging from 0.7 to 13.5 kg ($\bar{x} = 6.6$ kg). No significant difference was found the proportion of females to males in the overall sample (1:1.05; $P = 0.7773$). In the analysis by length class, a significant difference in the sex proportion was only found in the 50-60 cm FL class ($P = 0.0143$) (Table 1).

In the analysis of the regression coefficients (b) for males and females, no significant differences were found in the TW-TL ratio ($P = 0.3037$) or FL-TL ratio ($P = 0.9960$) and the model was determined for both sexes pooled. The TW-TL ratio is represented by the function $\text{TW} = 4 \times 10^{-06} \text{TL}^{3.1213}$ ($R^2 = 0.9756$), whereas the FL-TL ratio is represented by $\text{FL} = 0.9016 \text{TL} - 0.2836$ ($R^2 = 0.9798$). The regression coefficient (b) for the pooled sexes ($b = 3.1213$) differed significantly from 3 ($P = 0.0102$), demonstrating positive allometric growth.

The L_{50} for females was calculated as 69.8 cm FL ($R^2 = 0.9742$) (Fig. 4) and 100% of the females were adults beginning with the 90-100 cm FL class. Although it was not possible to define the size at first maturity for males, all individuals smaller than 50-60 cm FL were classified as immature ($n = 8$) and larger specimens were in the adult phase ($n = 49$), indicating that size at first maturity for males is between 60 and 70 cm FL. The

smallest adult female in the samples measured 70.0 cm FL and was in the regeneration phase. The smallest adult male measured 61.0 cm FL.

Histological analyses were performed on 42 females and 57 males. Females in all phases of development were found throughout the period analyzed. Oocytes in stages primary growth (PG), Vtg1, Vtg2 and Vtg3 (primary, secondary and tertiary vitellogenic, respectively), mature oocytes in development and atresic oocytes were found (Fig. 1). No hydrated oocytes or post-ovulatory follicles were observed. The pattern evidenced by the oocyte diameter in the different gonad development phases (Fig. 5) as well as the presence of oocytes in several stages in the histological cuts of females in the developing and spawning capable phases demonstrate that the species has gonads with asynchronous oocyte development, which characterizes cobia as batch spawner.

The gonads of immature females and females in regenerating demonstrated a similar pattern of oocyte development, but the immature gonads exhibited a greater relative frequency of oocytes in the 0-100 μm diameter class (98.4%), where as the gonads of females in regenerating exhibited a lower relative frequency of this class (80.1%) and oocytes with larger diameters (up to 200-300 μm). The gonads of females in the developing and regressing phases also exhibited a similar pattern in smaller diameter classes (0 to 200 μm), but the gonads of females in regressing exhibited oocytes with diameters of up 600-700 μm , which did not occur in the developing females, in which diameters reached up to 400-500 μm (Fig. 5).

Although females in the spawning capable phase were found in all bimonthly periods of the year (Fig. 2), the increase in the female GSI in the first two bimonthly periods (2.49 in January/February and 2.38 in March/April) suggests the occurrence of a spawning peak in the early portion of the year (Fig. 3), although no significant differences in GSI were found throughout the year ($P = 0.1853$ for females and $P = 0.1269$ for males).

Absolute batch fecundity among the females ranged from 192,063 to 1,600,513 oocytes ($\bar{x} = 722,398 \pm 430,911$), demonstrating a positive linear relationship between the number of oocytes in the batch and weight of the female ($Fb = 133.8 \text{ TW} - 568347$; $R^2 = 0.7489$). Relative batch fecundity ranged from 32.9 to 104.8 oocytes/gram of weight of the female ($\bar{x} = 71.1 \pm 29.8$).

Discussion

The sex proportion is generally favorable to females in studies conducted in the USA (Lotz et al. 1996; Franks et al. 1999; Brown-Peterson et al. 2001) and Australia (Velde et al. 2010), but the dominance of males can also occur (Thompson et al. 1992). In the state of North Carolina (USA), Smith (1995) found a proportion of 1:1, which is similar to the proportion in the present study. A 1:1 sex proportion in the reproductive period increases the odds of successful spawning (Pinheiro 2011). Some species exhibit changes in the sex proportion due to reproductive behaviors in particular periods of the year (Vazzoler 1996). However, this type of analysis could not be performed in the present study due to the low catch rates of the species in winter. Female dominance can also occur due to the predominance of this sex in larger length classes, as females are larger than males of the same age (Vazzoler 1996), as also demonstrated for the cobia (Smith 1995; Franks et al. 1999).

The low number of individuals smaller than 70 cm TL (14.4%) may be explained by the origin of the samples, since sport fishing (spearfishing) is more selective and directed at larger individuals. The distribution of length classes was similar to that described in previous studies on the species conducted in the USA (Richards 1967; Smith 1995; Arendt et al. 2001), Australia (Fry and Griffiths 2010) and the Indian Ocean (Darracot 1977). However, norms in the USA and Australia establish a minimum catch size of 84 and 75 cm FL, respectively (Franks et al. 1999; Fry and Griffiths 2010), which favors the sampling of larger individuals, especially females, as the source of samples in these countries is normally the sport fishing.

The occurrence of spawning capable females throughout the entire year indicates that the species has prolonged reproduction in northeastern Brazil. In the USA, reproduction occurs between April and September (Shaffer and Nakamura 1989; Brown-Peterson et al. 2001), which corresponds to the months of October to March in the southern hemisphere. In Australia, spawning extends from September to June, based on histological analyses and the variation in the GSI, with less reproductive activity in July and August (Velde et al. 2010). The presence of males with sperm in the seminiferous tubules throughout the entire year indicates that males are fit for reproduction throughout the year, which is similar to the behavior found in the Gulf of Mexico (Brown-Peterson et al. 2001).

Mean GSI values for females and males on the coast of the state of Pernambuco were higher in January/February and March/April, which indicates peak spawning in the hottest months. A similar pattern is found in the USA, where higher GSI values are reported for

the months of May and August, corresponding to late spring and summer in the northern hemisphere (Brown-Peterson et al. 2001).

Temperature seems to be an important factor for spawning in tropical and subtropical pelagic species. Although different species of tunids exhibit different spawning patterns, a common characteristic is the relationship between reproductive activity and sea surface temperature above 24°C (Schaefer 2001). The prolonged spawning season of the cobia of the northern coast of Australia seems to be influenced by this environmental factor, as the surface temperature of the region remains above 24°C throughout the entire year (Velde et al. 2010).

Indeed, the strategy of raising the temperature in the tanks of breeders in captivity to extend the spawning period is a common practice. In a study conducted in the state of Pernambuco, Brazil, the authors were able to prolong the reproduction of the cobia from October to June by maintaining the water temperature at 28.3°C. However, it is believed that this occurs not only through the maintenance of favorable environmental conditions, but also due to the abundant provision of food sources of high nutritional quality (Peregrino Jr. et al. 2014). In the USA, reproduction in captivity was achieved at temperatures between 26 and 28°C (Arnold et al. 2001). In the coastal region of Pernambuco, the mean water temperature ranges from 28.2 to 29.2°C in summer and 26.0 to 26.7°C in winter (Domingues et al. 2017). Thus, conditions are favorable to reproduction throughout the year. In contrast, cobia reproduction occurs in a more restricted period (June to August) in Chesapeake Bay, USA, where the water temperature has a wider range (Joseph et al. 1964). Temperature also seems to be an important factor for the reproduction of the common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), which is a species of the family Coryphaenidae that has phylogenetic similarity to the cobia (Johnson 1984) and also exhibits increased reproductive activity in the warm months of summer (Santos et al. 2014).

No hydrated oocytes or post-ovulatory follicles were found, which may indicate that spawning does not occur at the sites from which the samples were collected or may be due to the fact that this development stage occurs within a very short span of time (Velde et al. 2010). Lotz et al. (1996) also found no hydrated oocytes in the Gulf of Mexico, but the authors state that this may have occurred because the catches were performed with lines and hooks and females do not feed during the reproduction period or due to the fact that the catches were performed during the day, whereas spawning is believed to occur at night. However, observing the reproduction of the species in captivity, Peregrino Jr. et al. (2014)

found an increase in the belly of females throughout the day, believed to be related to the hydration of oocytes, which can lead to a six-fold to eight-fold increase in the size of the vitelline cells, indicating the imminence of spawning (Chaves 1989).

The spawning site of the species differs among different studies. The collection of eggs and larvae at the entrance to Chesapeake Bay (Joseph 1964) and in coves in the state of North Carolina (Smith 1995) suggest spawning near the coast. The presence of females with high mean GSI values, recently fertilized eggs and larvae also demonstrate spawning in estuaries in the state of South Carolina (Lefebvre and Denson 2012). On the other hand, the presence of eggs and larvae from the species on the continental shelf of the Gulf of Mexico suggests spawning at a distance of 50 to 90 km from the coast (Ditty and Shaw 1992). This difference may be explained by genetic studies, which demonstrate a genetically homogeneous group in the open sea and two groups in sheltered areas in the state of Virginia and South Carolina, USA, which are genetically distinct from one another and from the group analyzed in the open sea (Darden et al. 2014).

Size at first maturity for females on the coast of Pernambuco (69.8 cm FL) was lower than that reported by Velde et al. (2010) on the northeastern coast of Australia (78.4 cm FL). In the Gulf of Mexico, USA, it was not possible to define size at first maturity for the species due to the rarity of immature specimens in the samples as a result of the minimum catch size of 84 cm FL (Brown-Peterson et al. 2001). The smallest reproductively active female on the coast of Pernambuco was 70 cm FL, which is very close to the 67.1 cm FL reported for the northeastern coast of Australia (Velde et al. 2010). In Chesapeake Bay, USA, male cobias reach maturity in the second year of life at 51.8 cm FL, whereas females reach maturity in the third year of life at 69.6 cm FL (Richards 1967). In the Gulf of Mexico, maturity in females is reached at a size 13.8 cm larger than that found for females in Chesapeake Bay. This discrepancy may reflect the slower growth rate in the colder waters of Chesapeake Bay, where females measuring 70 cm FL are two years of age, whereas females at this age in the Gulf of Mexico are 85 cm FL (Lotz et al. 1996). However, despite the higher temperature on the coast of Pernambuco, Brazil, the size at first maturity was similar to that found in Chesapeake Bay (Richards, 1967), which contradicts the hypothesis of the effect of temperature on growth. This finding may be related to the existence of two distinct populations, as suggested by Darden et al. (2014).

The gonads of spawning capable cobia females had oocytes in several stages, which characterized asynchronous development (Murua and Saborido-Rey 2003). This pattern has been reported for the species in other regions of the world, such as the Gulf of Mexico

(Biesiot et al. 1994; Lotz et al. 1996; Brown-Peterson et al. 2001), Australia (Velde et al. 2010) and India (Sajeevan and Kurup 2016), as well as for other species of migrating pelagic fish (Hunter et al. 1985). Many species with multiple spawning throughout the year in warm regions exhibit the continuous recruitment of oocytes as a strategy to increase fecundity and spawning capacity over an extended period of time (Lowerre-Barbieri et al. 2011). Multiple spawning may be a strategy to release eggs for a long period of time, thereby increasing the probability of the survival of the descendants (Lambert and Ware 1984; Hunter et al. 1985). It may also be a need in species with high fecundity, in which the coelomic cavity may become a limiting factor due to the accentuated increase in gonad volume during oocyte hydration (Chaves 1989).

In a study conducted in the Gulf of Mexico, batch fecundity (oocytes larger than 700 μm) ranged from 3.7×10^5 to 1.9×10^6 (Brown-Peterson et al. 2001), which is close to the range found in the present study (1.9×10^5 to 1.6×10^6), in which only oocytes larger than 700 μm were also considered. In contrast, batch fecundity in other studies conducted in the USA ranged from 1.9 to 5.4×10^6 in Chesapeake Bay (Richards 1967) and 2.6×10^6 to 1.9×10^8 in the Gulf of Mexico (Lotz et al. 1996). However, oocytes with a diameter $> 500 \mu\text{m}$ and $550 \mu\text{m}$, respectively, were considered mature. According to the authors, this cutoff point may have led to an overestimation of the oocytes in the batch to be spawned. In the study conducted in Australia, batch fecundity ranged from 5.7×10^5 to 7.3×10^6 eggs, with a mean of 7.6 days between spawns (Velde et al. 2010).

In a study evaluating the reproductive performance of female cobias in captivity with a water temperature of $28.3 \pm 0.7 \text{ }^\circ\text{C}$, 21 spontaneous spawns were observed, mainly at dusk, with a mean of 2.4×10^6 oocytes per spawn (Peregrino Jr. et al. 2014), which is higher fecundity in comparison to the present study conducted with specimens of a similar size. However, the more stable environmental conditions and frequent offer of quality food sources may explain the greater fecundity of the captive females.

The present findings indicate that the reproduction of the cobia on the coast of the state of Pernambuco, Brazil, occurs in a prolonged manner throughout the year, with peaks in months in which the sea temperature is warmer. The size at first maturity of females (69.8 cm FL) indicate the minimum catch size for the formation of brood stock and the high batch fecundity ($\bar{x} = 722,398$ oocytes) suggests that the species has high potential for the production of juveniles in the laboratory, which constitutes the first and most complex step in the establishment of aquaculture activities.

Acknowledgments

To the Brazilian fostering agencies Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for granting scholarship to Santiago Hamilton and Fábio Hissa Vieira Hazin (CNPq).

References

- Arendt MD, Olney JE, Lucy JA (2001) Stomach content analysis of cobia, *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay. *Fishery Bulletin*, 99:665-670
- Arnold CR, Kaiser JB, Holt GJ (2002) Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. *Journal of World Aquaculture Society*, 33(2):205-208.
- Benetti DD, Orhun MR, Sardenberg B et al. (2008) Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 39:701-711.
- Biesiot PM, Caylor RE, Franks JS (1994) Biochemical and histological changes during ovarian development of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 92:686-696.
- Brown-Peterson NJ, Overstreet RM, Lotz JM, Franks JS, Burns KM (2001) Reproductive biology of cobia, *Rachycentron canadum*, from coastal waters of the southern United States. *Fishery Bulletin*, 99:15-28.
- Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK (2011) A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 3:52-70.
- Chaves PTC (1989) Hidratação pré-ovulatória em peixes: um caráter de origem marinha? *Revista Brasileira de Zoologia*, 6(3):463-472
- Chou RL, Her BY, Su MS, Hwang G, Wu YH, Chen HY (2004) Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229:325-333.
- Craig SR, Schwarz MH, Mclean E (2006) Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. *Aquaculture*, 261:384-391.

- Darden TL, Walker MJ, Brenkert K, Yost JR, Denson MR (2014) Population genetics of Cobia (*Rachycentron canadum*): implications for fishery management along the coast of the southeastern United States. *Fishery Bulletin*, 112:24-35.
- Dawson CE (1971) Occurrence and description of prejuvenile and early juvenile Gulf of Mexico cobia, *Rachycentron canadum*. *Copeia*, 1971(1):65-71.
- Ditty JG, Shaw RF (1992) Larval development, distribution and ecology of cobia *Rachycentron canadum* (Family: Rachycentridae) in the northern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 90:668-677.
- Domingues EC, Schettini CAF, Oliveira Filho JC, Truccolo EC (2017) Hidrografia e correntes da plataforma continental de Pernambuco. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 22: xx-xx
- Fao - Food and Agriculture Organization of the United Nation (2016) Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2014 (FishstatJ). In: Food and Agriculture Organization of the United Nation, Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2016.
- Fonteles Filho AA (2011) Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza.
- Franks JS, Warren JR, Buchanan MV (1999) Age and growth of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northeastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*, 97:459-471.
- Franks JS, Ogle JT, Lotz JM, Nicholson LC, Barnes DN, Larsen KM (2001) Spontaneous spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, induced by human chorionic gonadotropin (HCG), with comments on fertilization, hatching, and larval development. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 52:598-609.
- Fry GC, Griffiths SP (2010) Population dynamics and stock status of cobia, *Rachycentron canadum*, caught in Australian recreational and commercial coastal fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 17:231-239.
- Godinho HP (2007) Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31(3):351-360.
- Hunter JR, Lo NCH, Leong RJH (1985) Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: Lasker, R. (ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. Silver Spring, National Marine Fisheries Service, vol. 36, NOAA Technical Report, Washington, pp. 67-77.

- Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (2008) Estatística da pesca 2006. Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
- Johnson GD (1984) Percoidei: development and relationships. In: Moser, H.G.; Richards, W.J.; Cohen, D.M.; Fahay, M.P.; Kendall, A.W.; Richardson, S.L. *Ontogeny and systematics of fishes*. American Society of Ichthyology Herpetologist: Special Publication, 1: 464-498.
- Joseph EB, Norcross JJ, Massmann WH (1964) Spawning of the cobia, *Rachycentron canadum*, in the Chesapeake Bay area, with observations of juvenile specimens. Chesapeake Science, 5 (1/2):67-71.
- Junqueira LC, Carneiro J (2013) Histologia Básica. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Lambert TC, Ware DM (1984) Reproductive strategies of demersal and pelagic spawning fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 41:1565-1569.
- Lefebvre LS, Denson MR (2012) Inshore spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in South Carolina. Fishery Bulletin, 110:397-412.
- Liao IC, Leañó EM (2007) Cobia aquaculture: research, development and commercial production. Asian Fisheries Society, Taiwan.
- Lopes PRD, Oliveira-Silva JT, Sena MP (2001) Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. Sitientibus Série Ciências Biológicas, 1(1):56-59.
- Lotz JM, Overstreet RM, Franks JS (1996) Gonadal maturation in the cobia, *Rachycentron canadum*, from the northcentral Gulf of Mexico. Gulf Research Reports, 9:147-159.
- Lowerre-Barbieri SK, Brown-Peterson NJ, Murua H, Tomkiewicz J, Wyanski DM, Saborido-Rey F (2011) Emerging Issues and Methodological Advances in Fisheries Reproductive Biology. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science, 3:32-51.
- Mpa - Ministério da Pesca e Aquicultura Brasil (2013) Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2011. Brasília.
- Murua H, Saborido-Rey F (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 33:23-31.
- Murua H, Kraus G, Saborido-Rey F, Witthames PR, Thorsen A, Junquera S (2003) Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 33:33-54.

- Peregrino Jr RB, Hamilton S, Domingues EC, Manzella Jr JC, Hazin FHV, Cavalli RO (2014) Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66:681-687.
- Pinheiro PB, Hazin FHV, Travassos P, Oliveira PGV, Carvalho F, Rego MG (2011) The reproductive biology of the rainbow runner, *Elagatis bipinnulata* (Quoy & Gaimard, 1825) caught in the São Pedro and São Paulo Archipelago. Braz. J. Biol., 71 (1):99-106.
- Richards CE (1967) Age, growth and fecundity of the cobia, *Rachycentron canadum*, from Chesapeake Bay and adjacent Mid-Atlantic waters. Transaction of the American Fisheries Society, 96(3):343-350.
- Sajeevan MK, Kurup BM (2016) Fecundity and spawning frequency of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) from the North West coast of India. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 45 (8):933-936.
- Santos ACL, Coutinho IM, Viana DL, Rego MG, Branco ISL, Hazin FHV, Oliveira PGV (2014) Reproductive biology of dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Actinopterygii: Coryphaenidae), in Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Brazil. Scientia Marina, 78(3):363-369.
- Schaefer KM (2001) Reproductive biology of tunas. In: Block BA, Stevens ED (ed) Tunas: physiology, ecology, and evolution. Academic, San Diego, pp 225–270.
- Shaffer RV, Nakamura EL (1989) Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). FAO Fisheries Synopsis 153. Washington D.C., U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report, Washington.
- Smith JW (1995) Life history of cobia, *Rachycentron canadum* (Osteichthyes: Rachycentridae), in North Carolina Waters. Brimleyana, 23:1-23.
- Thompson BA, Wilson CA, Render JH, Beasley M, Cauthron C (1992) Age, growth and reproductive biology of greater amberjack and cobia from Louisiana Waters. Final report to U.S. Department of Commerce, Marine Fisheries Initiative (MARFIN) Program, NMFS, St. Petersburg, FL, NA90AA-HMF722.
- Vazzoler AEAM (1996) Biologia da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoria e Prática. Editora EDUEM, Maringá.
- Velde TD, Griffiths SP, Fry GC (2010) Reproductive biology of the commercially and recreationally important cobia *Rachycentron canadum* in northeastern Australia. Fishery Science, 76:33-43.

- Weirich CR, Stokes AD, Smith TIJ, Jenkins WE, Denson MR, Tomasso JR, Chappel J, Burnside D (2007) Cobia Aquaculture research in South Carolina, USA: captive reproduction, pond nursery production, and selected environmental requirements of juveniles. In: Liao IC, Leño EM (ed) Cobia aquaculture: research, development and commercial production. Asian Fisheries Society, Taiwan, pp.19-44.
- Zar JH (2010) Biostatistical Analysis, 5th edn. Prentice Hall, New Jersey.

Table 1. Number of males and females of cobia *Rachycentron canadum* in northeastern Brazil by fork length classes, and results of Chi-square test (χ^2) for a 1:1 ratio at a 5% level of significance (*).

Size classes (FL in cm)	Males (n)	Females (n)	Total	χ^2
40 50	2	2	4	0,00
50 60	6	0	6	6,00*
60 70	2	4	6	0,67
70 80	11	5	16	2,25
80 90	18	14	32	0,50
90 100	10	13	23	0,39
100 110	5	8	13	0,69
110 120	3	7	10	1,60
120 130	0	0	0	-
130 140	0	1	1	1,00
Total	57	54	111	1,21

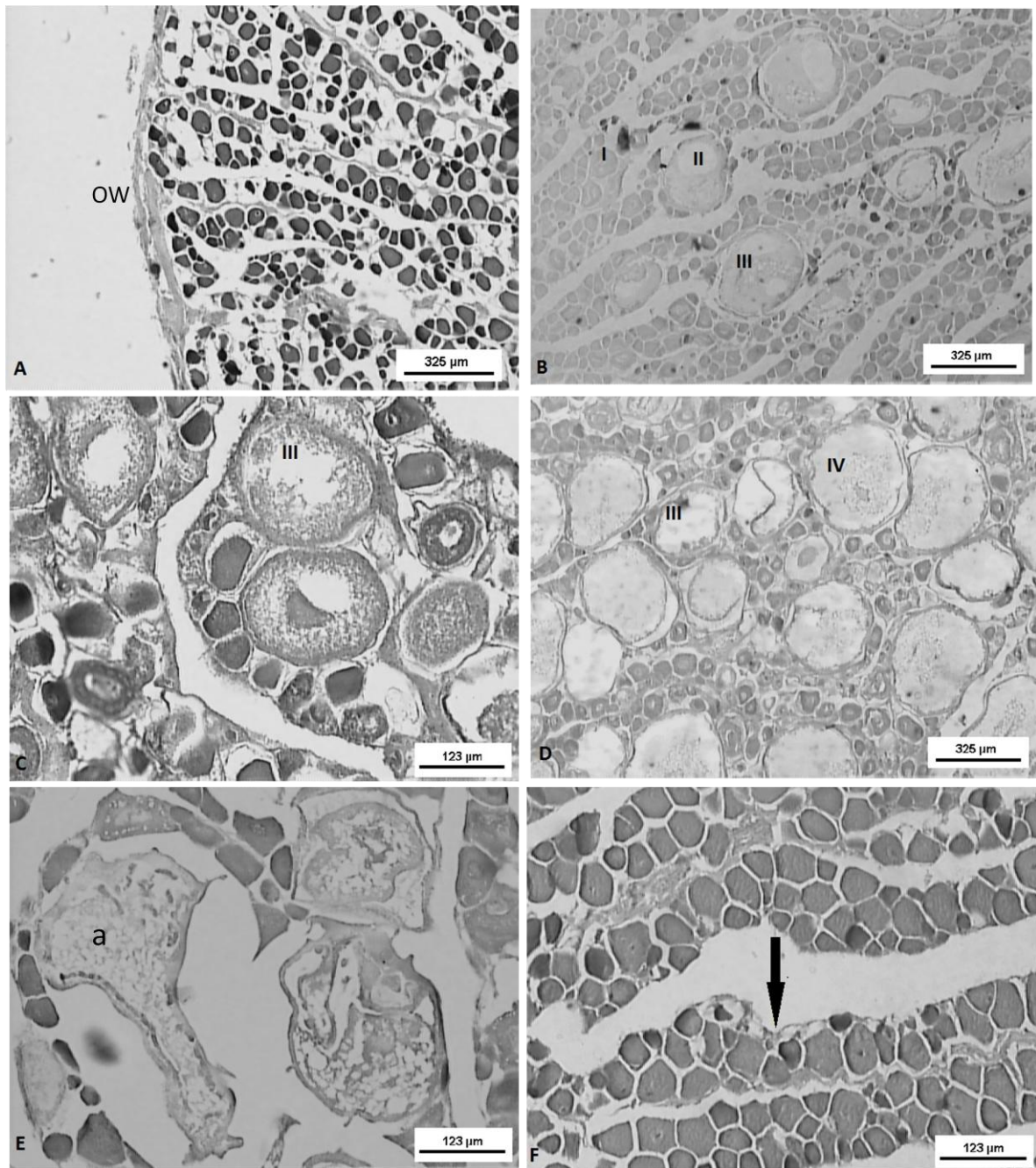


Fig. 1. Photomicrographs of ovarian histology (Staining: HE), illustrating the reproductive phases of cobia *Rachycentron canadum* off Pernambuco coast, Brazil: (A) Immature phase (PG = primary growth oocyte; OW= ovarian wall); (B) and (C) in Developing phase, with oocyte in stage I, II secondary oocyte and III previtellogenic oocyte; (D) Spawning capable phase, large ovaries with individual oocytes visible macroscopically, vitellogenic oocyte (IV); (E) illustrating the Regressing phase with atresia (a); (F) Regenerating phase, small ovaries with only oogonia and PG oocytes present, the arrow showed the thickening of lamellae.

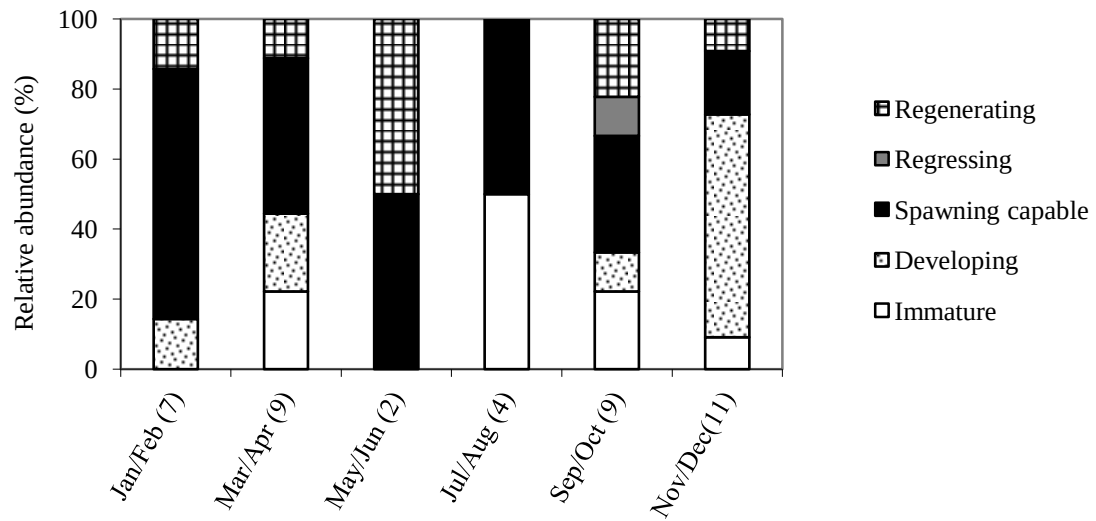


Fig. 2. Bimonthly distribution of females maturation of cobia *Rachycentron canadum* off Pernambuco coast, Brazil (data grouped independently of the year of capture; number between parenthesis = n).

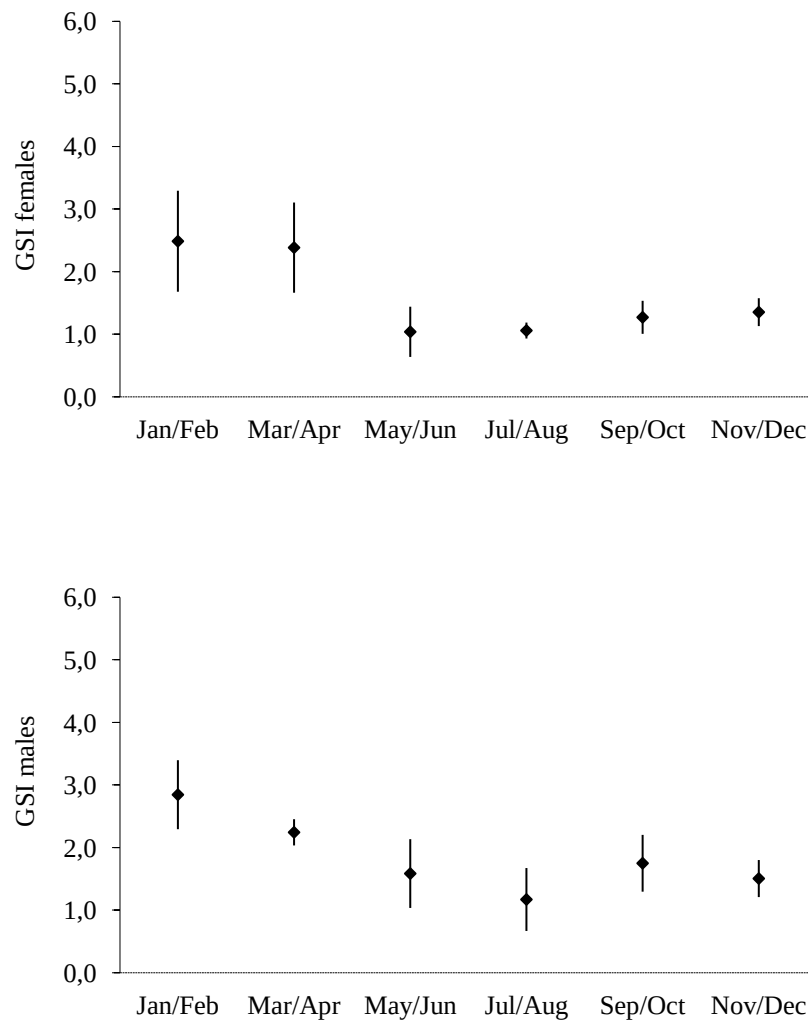


Fig. 3. Bimonthly gonadosomatic index (GSI) of females (n=45) and males (n=48) of cobia *Rachycentron canadum* off Pernambuco coast, Brazil (data grouped independently of the year of capture; vertical bars = standard error).

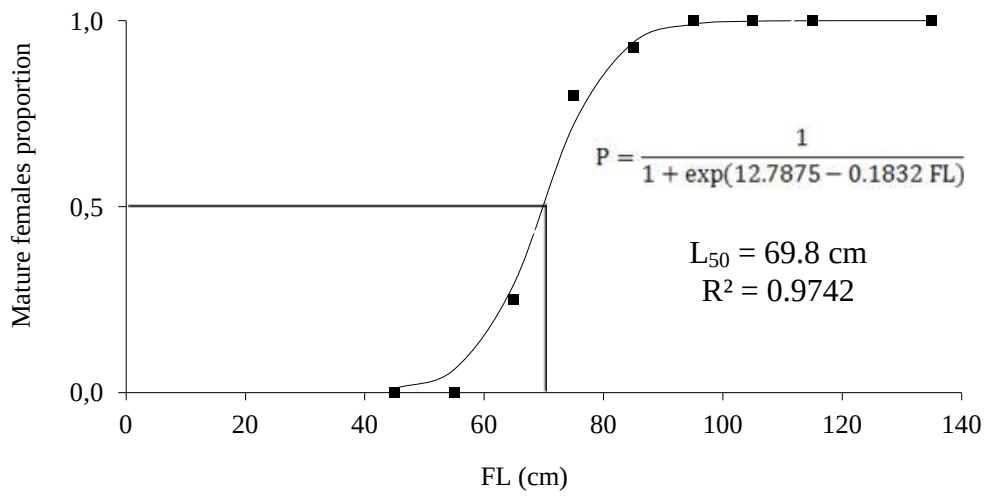


Fig. 4. Size at first maturity (L_{50}) for females of cobia *Rachycentron canadum* off Pernambuco coast, Brazil.

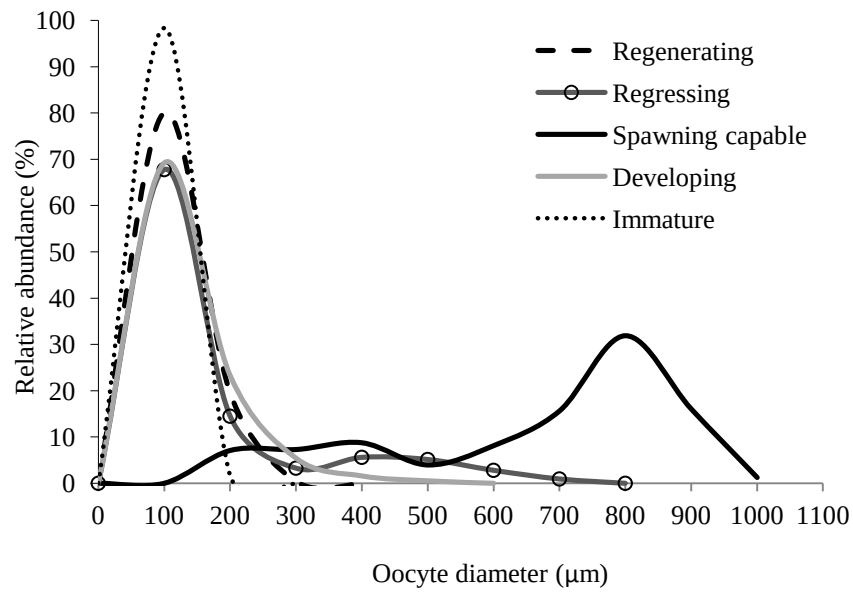


Fig. 5. Frequency distribution of oocyte diameter of female cobia *Rachycentron canadum* off Pernambuco coast, Brazil, at five different sexual phase.

CAPÍTULO 4 - HÁBITO ALIMENTAR DO BEIJUPIRÁ (Artigo 3)

Feeding habits of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil

Santiago HAMILTON, Ronaldo Barradas PEREGRINO JÚNIOR, Ernesto de Carvalho DOMINGUES, Fábio Hissa Vieira HAZIN, Teodoro VASKE JÚNIOR, William SEVERI

Artigo a ser submetido à revista *Aquatic Living Resources*
(Normas em: <https://www.alr-journal.org/author-information>)

Feeding habits of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in northeastern Brazil

Santiago Hamilton^{1,2}, Ronaldo Barradas Peregrino Júnior¹, Ernesto Carvalho Domingues³, Fábio Hissa Vieira Hazin¹, Teodoro Vaske Júnior⁴, William Severi¹

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brazil.

²PhD candidate in Fisheries Resources and Aquaculture. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura.

³Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia. Av. Prof. Moraes Rego 1235, Cidade Universitária CEP 50670-901, Recife, PE, Brazil

⁴Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Praça Infante Dom Henrique s/n, Parque Bitaru, CEP 11330-900, São Vicente, SP, Brazil.

Corresponding author: Santiago Hamilton. e-mail: santihamilton@hotmail.com.

Telephone/Fax: +55 81 33206500.

Abstract

Although cobia, *Rachycentron canadum*, is considered an excellent species for marine aquaculture, little is known regarding its biology in the coastal waters of Brazil. The aim of the present study was to describe the feeding habits of cobia along the coast of Pernambuco state (northeastern Brazil). One hundred fifteen specimens (54 females and 61 males) were caught between February 2004 and August 2006. Total length ranged from 42.0 to 141.0 cm (mean and standard deviation: 95.8 ± 19.8 cm) and total weight ranged from 0.4 to 29.8 kg (7.5 ± 4.3 kg). The importance of each food item in the diet was evaluated using the index of relative importance (IRI). One hundred ten stomachs were analyzed (54 females and 56 males), 92 (83.6%) had food items and 18 (16.4%) were empty. Bony fish were the main food item (IRI = 98.7%). The squirrelfish (*Holocentrus adscensionis*) and porcupine fish (*Diodon* sp.) were the most frequent prey items (30.7% and 8.2%, respectively). Elasmobranchs, crustaceans and cephalopods were also present in small proportions (IRI < 1% for each). No significant differences in diet were found between sexes or size classes (zoological length: < or ≥ 69.8 cm; estimated L_{50} for the species). The present data demonstrate that cobia is a carnivorous predator along the coast

of Pernambuco state, with a preference for demersal bony fish, independently of the size and sex of the individuals analyzed.

Keywords: Rachycentridae; feeding strategy; diet composition; stomach contents; carnivorous predator

Introduction

The cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), is the only representative of the family Rachycentridae. This species is neritic and widely distributed in both tropical and subtropical waters in all oceans, except the eastern portion of the Pacific (Shaffer and Nakamura 1989). In the western Atlantic, the species occurs from the state of Massachusetts in the USA to Argentina (Figueiredo and Menezes 1980).

The species forms small schools of five to ten individuals (Carvalho Filho 1999) and catches occur either incidentally or through spearfishing, with no specific fishery directed at the species. The global catch was 13,751 tons in 2014, with Pakistan as the largest producer (3,257 tons) and Brazil occupying the fourth place (974 tons) (FAO 2016). This species corresponds to approximately 0.2% of the total production of marine fish in Brazil, which is 553,670 tons (Brasil 2013). In Pernambuco state (northeastern Brazil), catches ranged from 0.5 to 1.5 tons/year between 2002 and 2006 (Brasil 2008).

Despite the small catch rates, the species has attracted attention due to its favorable characteristics with regard to aquaculture, such as fast growth (Arnold et al. 2002; Benetti et al. 2008), spawning in captivity (Franks et al. 2001; Arnold et al. 2002; Peregrino Jr. et al. 2014), established technology for the production of juveniles (Liao and Leaña 2007; Benetti et al. 2008) and white meat of excellent quality (Craig 2006; Liao and Leaña 2007). However, little is known regarding its biology in Brazilian waters. Lopes et al. (2001) recorded the occurrence of the species in Baía de Todos-os-Santos in Bahia state, presenting meristic, morphometric and stomach content data for only three specimens caught in the region. Felix and Hackradt (2008) studied the interaction of cobia and Atlantic goliath grouper, *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822).

In addition to providing important information on the trophic relationships and behavioral aspects of species, data on the feeding habits of the species with aquaculture interest can support their food management and provide information about their nutritional

requirements. Although the cobia may reach up to 6-10 kg in 1-1.5 year in grow-out systems (Liao et al. 2004), until the literature review authored by Fraser and Davies, (2009), all studies on the nutritional requirements were developed with juveniles weighing up to 49.3 g. Thereafter, Cavalli and Garcia (2013) emphasized the need to define the nutritional requirements of specimens weighing over 1-2 kg, because it is in the final phase of grow out where the feed consumption increase, which has the greatest impact on economic feasibility and environmental quality.

Studies conducted in the United States indicate that the diet of cobia is mainly composed of crustaceans (Knapp 1951; Smith 1995; Franks et al. 1996; Meyer and Franks 1996), although smaller individuals (< 4.5 kg) prefer teleosts (Smith 1995). In Chesapeake Bay (USA), Arendt et al. (2001) found that more than 97% of prey items corresponded to two species of crab from the family Portunidae: *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) and *Ovalipes ocellatus* (Herbst, 1799). Similarly, crustaceans occurred in 100% of stomachs analyzed in a study conducted in the western Indian Ocean (Darracott 1977). In contrast, the cobia mainly feeds on fishes along the coast of Karnataka, India (Rohit and Bhat 2012).

Given the potential of cobia for aquaculture and the relative lack of information on its biology, the aim of the present study was to describe the feeding habits and evaluate the importance of each food item in the diet of *R. canadum* in the northeastern region of Brazil.

Material and Methods

The specimens of *R. canadum* were caught between February 2004 and August 2006 along the coast of Pernambuco state, Brazil (Fig. 1). The specimens were caught by artisanal (hook-and-line) and sport fishing (spearfishing). The location of capture, date and time was recorded for each specimen.

Total weight (TW) and length (TL) were determined for each individual. All specimens were eviscerated fresh and sex was identified. The stomachs were collected and kept in a freezer at -20° C until analysis. In the laboratory, the material was fixed in a 5% formalin solution and subsequently transferred to 70% alcohol.

The material retained in a sieve with a 1-mm mesh was considered as stomach content. The food items were identified to the lowest possible taxonomic level using identification keys (Carpenter 2002a, 2002b, 2002c; Humann and Deloach 2002) and with

the assistance of specialists. After blotting them dry with a paper towel, the food items, number of prey items, as well as the length (cm) and wet weight (g) of the prey items were recorded for each individual.

Other items found in the stomach contents of cobia, such as calcareous algae, coral debris, small scraps of gastropod mollusks, the shells of bivalves and algae of the genus *Halimeda*, were not considered prey items in the analyses due to the possibility of incidental ingestion during the capture of an effective prey item.

The cumulative richness curve was used to evaluate the sufficiency of the number of stomachs analyzed (Ferry and Cailliet 1996). The PRIMER 6 program (PRIMER-E Ltd., Plymouth, UK) was used to calculate the prey accumulation curve through the randomization of the samples (999 permutations) and the Student's t-test with a 5% significance level (Statistica8, StatSoft Inc., Tulsa, USA) was used to compare the regression slope (b) of the last four points on the curve with the horizontal asymptote (b = 0), following the method proposed by Bizarro et al. (2007).

The fullness index (FI) was calculated using the formula proposed by Zavala-Camin (1996):

$FI = \frac{SCW}{TW} \times 100$, in which SCW = weight of the stomach content of the individual. This index was used to determine the time periods of greater feeding activity for the species, analyzing the index by three-hour time periods. As spearfishing, which was the main data source in the present study, was performed exclusively during daylight hours, the time periods were 6-9 h, 9-12 h, 12-15 h and 15-18 h, and only specimens caught at these periods were considered (n = 80). Considering the non-normality of data Kruskal-Wallis test with a 5% significance level (Statistica8, StatSoft Inc., Tulsa, USA) was used to determine differences in the fullness index among time periods.

The percentages of numeric abundance (%N), total weight (%W) and frequency of occurrence (%FO) were determined to describe the importance of each food item in the diet of *R. canadum*. The index of relative importance (IRI) (Pinkas et al. 1971) was calculated by replacing prey volume with weight: $IRI_i = (\%N_i + \%W_i) \times \%FO_i$, in which $\%N_i$ = number of prey items of species *i* divided by the total number of prey items x 100, $\%W_i$ = total weight of prey items of species *i* (in g) divided by the total weight of all prey items x 100, and $\%FO_i$ = number of stomachs with at least one prey item of species *i* divided by the total number of stomachs with at least one food item x 100. The IRI percentage was calculated for each item based on Cortés (1997): $\%IRI_i = \frac{IRI_i}{\sum IRI} \times 100$.

The analysis of cobia feeding strategy involved the two-dimensional graphic representation method proposed by Costello (1990) and modified by Amundsen et al. (1996). In this model, each point represents the %FO_i of each food item using the percentage of specific abundance of prey *i* (%P_i), which is calculated as $\%P_i = \frac{\sum S_i}{\sum St_i} \times 100$, in which P_i = specific abundance of prey *i*, S_i = stomach content of prey *i* (in number) and St_i = total stomach content (in number) of predators containing prey *i*. The analyses were performed per individual prey item.

Differences in feeding habits between sexes, time of the year and size were analyzed using only stomachs with at least one identifiable prey item (n = 70). Two seasons were considered using data from the Pernambuco Water and Climate Agency (Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC, 2016): dry (September to February; mean precipitation: < 100 mm) and wet (March to August; mean precipitation: ≥ 100 mm). Two size classes were considered based on size at first maturity of females: class I: < 69.8 cm FL; class II ≥ 69.8 cm FL) (Hamilton, 2017). Cluster analysis and multidimensional scaling (MDS) based on the Bray-Curtis similarity index and abundance data (%N) were used to evaluate the behavior of different sexes, sizes and seasons. Differences in feeding habits between sexes, seasons and size classes were tested using analysis of similarity (ANOSIM). All tests were performed with the PRIMER 6 program (PRIMER-E Ltd., Plymouth, UK).

Results

One hundred fifteen specimens with TL ranging from 42.0 to 141.0 cm (mean and standard deviation: 95.8 ± 19.8 cm) and TW ranging from 0.4 to 29.8 kg (7.5 ± 4.3 kg) were collected. Among the stomachs analyzed (n = 110), 92 (83.6%) had food items and 18 (16.4%) were empty.

The accumulative food item curve (Fig. 2) demonstrated an asymptotic tendency, with no significant difference in the regression slope (b = 0.09) of the last four points (*p* = 0.2882) of the horizontal asymptote (b = 0), indicating that the number of stomach analyzed was representative for an adequate diet analysis. The diet was composed of 26 prey items, including 19 families of teleost fishes, three families of crustaceans, two families of mollusks and two families of elasmobranchs. All food items are demersal or reef associated, except *Opisthonema oglinum* which is pelagic (Table 1).

Actinopterygii was the dominant group in the diet of cobia, accounting for the ten major food items, with %N, %W and %IRI equal to 93.6%, 86.5% and 98.7%, respectively. Other groups represented a small portion of the diet, with Chondrichthyes as the second most consumed group (%W and %IRI equal to 9.4% and 0.6%, respectively). Although crustaceans were the third most consumed group (%IRI = 0.4%), in terms of abundance is the second most consumed (%N = 3.4%). Mollusks were represented by cephalopods and had a %IRI of 0.3% (Table 1).

Considering %IRI, the squirrelfish *Holocentrus adscensionis* (Osbeck, 1765) was the main food item consumed by the cobia (30.7%), followed by the porcupine fish *Diodon* sp. (8.2%) and the eel *Myrichthys ocellatus* (Lesueur, 1825) (4.2%), whereas scraps of bony fish accounted for 42.3% (Table 1). However, it should be pointed out that the eel was the main item consumed in terms of weight (10.4%). Among elasmobranchs, although the %IRI for the ray *Rhinobatos percellens* (Walbaum, 1792) was only 0.2%, this species had a high percentage in weight (5.4%) due to the ingestion of three specimens weighing 40 to 266 g (total length: 37, 41 and 48 cm) found in a single stomach of a cobia measuring 127 cm TL and 13.5 kg TW.

The analysis of the two-dimensional diagram demonstrated no prey item was dominant in the diet and all had a low frequency of occurrence in the stomachs. The species with the highest frequencies of occurrence were *H. adscensionis* and *Diodon* sp. (Fig. 3).

The fullness index ranged from 0.01 to 7.03 (mean $\pm$ SE: 1.41 ± 0.15). Although no significant differences were found among the time periods analyzed (Kruskal-Wallis test, $p = 0.2546$), higher fullness indices occurred in the 6-9 h (mean: 1.51 ± 0.40) and the 15-18 h (mean: 1.46 ± 0.23), whereas the lowest indices occurred in the 9-12 h (mean: 0.57 ± 0.15) (Fig. 4).

The identifiable food items ingested by the cobia had TL values ranging from 1 cm (specimen of *H. adscensionis*) to 63 cm (specimen of *M. ocellatus*), with the greatest frequency of occurrence in the 10 to 20 cm range (40.2%), followed by the 0 to 10 cm range (31.3%). Small prey items were ingested by all length classes of the predator, whereas larger prey items were generally ingested by larger specimens (Fig. 5). However, cases occurred in which the prey was nearly the size of the predator (e.g. *M. ocellatus* measuring 42 cm found in the stomach of a cobia measuring 58.5 cm TL).

The cluster and MDS analyses using abundance (%N) as the basis demonstrated no pattern in the diet of cobia among the different factors analyzed (sex, size and season of the

year) for either raw data or data following $\log(\%N+1)$ transformation. The global ANOSIM based on %N demonstrated no significant differences between sexes or sizes. However, a significant difference was found between seasons ($p = 0.011$), with a greater number of stomachs containing prey items in the dry season ($n = 58$) than the wet season ($n = 12$), with an R-statistic value of 0.087, which denote that groups are not distinguishable (Table 2).

Discussion

The cobia is a fast growing fish, especially in the early years of life (Fry and Griffiths 2010), reaching in nature a maximum of 2 m in length and 68 kg in weight (Shaffer and Nakamura 1989). In the present study, the largest specimens had a maximum TL of 141 cm and maximum TW of 29.8 kg, with the 90 to 100 cm range the most frequent class for both males and females. In one study conducted in Chesapeake Bay (USA), individuals with a maximum FL of 137.7 cm and TW of 33.9 kg (Richards 1967) were collected and, in another study in the same location, the maximum FL ranged from 37 to 141 cm ($n = 114$) (Arendt et al. 2001). On the coast of the state of North Carolina (USA), individuals with a FL ranging from 39 to 142 cm and TW from 0.47 to 32.2 kg were collected (Smith 1995). In commercial and recreational fishing activities in Australia, specimens with a FL ranging from 12.5 to 147 cm were caught (Fry and Griffiths 2010). These data demonstrate that, although *R. canadum* is rarely caught on the coast of Pernambuco state (northeastern Brazil), the sample in the present study corresponds to a size structure similar to that found in previous studies on this species in different regions of the world.

A total of 83.6% of the stomachs analyzed had at least one prey item. This percentage is close to that found in previous studies on the feeding habits of cobia in other regions of the country (Knapp 1951; Franks et al. 1996; Meyer and Franks 1996; Arendt et al. 2001; Rohit and Bhat 2012) and confirms the voracious nature of the species.

On the coast of Pernambuco state, the diet of cobia is mainly composed of bony fish (98.7% IRI), which is similar to the behavior reported for juveniles in the northern portion of the Gulf of Mexico (USA) (Franks et al. 1996). However, different authors indicate crustaceans as the main food item in the diet of cobia. In Chesapeake Bay, the species feeds preferentially on crabs of the family Portunidae (IRI > 97%) (Arendt et al. 2001). On the coast of the state of North Carolina (USA), a single species of crab (*C. sapidus*) dominates the diet (Smith 1995) and crustaceans dominate the diet on the western coast of

India (Darracott 1977). Although the cobia exhibits apparent selectivity, as indicated by Knapp (1951), the preference for bony fish in the present study seems to be more related to the availability of prey items in the environment than a preference for particular taxa. Indeed, the authors of a study conducted on the coast of Karnataka (India) report that the cobia feeds on a wide variety of items and is defined as an opportunistic, non-selective predator that feeds on both benthic and pelagic organisms (Rohit and Bhat 2012).

The squirrelfish (*H. adscensionis*) was the main food item in the present study (IRI: 30.7%), whereas *Haemulon* sp. occurred in only one stomach examined (IRI: 0.1%). Analyzing the ichthyofauna around sunken ships in the same region as that of the present investigation, Coxey (2008) found a high abundance of the family Haemulidae (represented by five species, four of which were of the genus *Haemulon*) and a low abundance of the family Holocentridae. This may be related to the study method (visual census), which hinders the observation of nocturnal species, such as the squirrelfish, as this species commonly hides during the day in crevices or below the edge of corals and feeds at night (Greenfield 1981).

Elasmobranchs were the most important dietary items among the other groups of prey, despite only occurring in two stomachs analyzed. *Rhinobatos percellens* was the main species, with three specimens having been ingested in a single cobia. Similar behavior was found in a study conducted at Parcel Manoel Luís Marine state Park in the state of Maranhão (Brazil), where two specimens of the ray *Dasyatis marianae* (Gomes, Rosa & Gadig 2000) were found in an adult cobia (Gomes et al. 2000). Also in North Carolina cobia fed on stingrays *Dasyatis* sp. (Smith 1995). On the other hand, Smith and Merriner (1982) report that an association can occur between the cobia and the ray *Rhinoptera bonasus* Mitchill 1815, in which the former benefits from the sediment suspended by the latter to feed on benthic organisms. This behavior has also been seen with the species *Epinephelus itajara* (Felix and Hackradt 2008).

The occurrence of other organisms not considered food items is also reported in studies conducted in the USA. Leaves of seagrass (*Zostera marina* L.), small oyster shell fragments (*Crassostrea virginica* Gmelin 1791) and small gastropods (Smith 1995) have been found in the stomachs of specimens of *R. canadum* on the coast of the state of North Carolina, whereas small mollusk shells and crustacean larvae and post-larvae have been found in the stomachs of specimens in the Gulf of Mexico (Franks et al. 1996). Although these items supposedly do not compose the diet of cobia, the data indicate that this species feeds near the bottom.

Regarding the prey categories, the diet of cobia on the coast of Pernambuco state is concentrated on teleosteans, demonstrating specialization in this type of prey, whereas a few individuals occasionally feed on other groups (elasmobranchs, crustaceans and cephalopods). Analyzing the results per species, however, the cobia does not exhibit a defined eating strategy, which characterizes this species has having a broad feeding spectrum. The data confirm that the eating habits of cobia depend more on the availability of prey than a few specific food items (Meyer and Franks 1996).

Predators generally use vision to locate their prey and foraging is more common during twilight hours (dawn and dusk) (Zavala-Camin 1996). The feeding of cobia seems to follow this pattern, as higher fullness indices occurred in the 6-9 h and 15-18 h time periods, despite the lack of significant differences among the time periods analyzed. The feeding pattern of the species is similar to that described for juveniles in the Gulf of Mexico (Franks et al. 1996), although the fullness indices were twofold higher in the study cited than the present investigation, which is likely related to differences in size of the samples analyzed in each study. The fact that the squirrelfish, porcupine fish and eel was the main food item in the present study must be associated with the nocturnal habits of this prey and a probable direct relationship with the twilight foraging habit of cobia.

Although a large portion of the prey items were between 1 and 20 cm in length, the cobia on the coast of Pernambuco state also ingested large prey items, such as a specimen of *M. ocellatus* measuring 63 cm and one of *R. percellens* measuring 48 cm caught by individuals measuring 141 and 127 cm TL, respectively. A specimen of *M. ocellatus* measuring 42 cm in length was found in the stomach of an individual measuring 58.5 cm TL, which demonstrates the capacity of this species to ingest large prey items. According to Shaffer and Nakamura (1989) cobia are known to be voracious feeders and able to engulf a whole prey, which may explain why cobia to become satiated with a single large meal in a feed frequency experiment (Costa-Bomfim et al. 2014).

While the pattern suggested for carivorous predators is to consume larger prey items as a way to make energy intake more efficient (Zavala-Camin 1996), approximately 70% of the organisms consumed were less than 20 cm in length. According to Lucena et al. (2000), this apparent preference for smaller prey organisms may be related to the greater vulnerability of these organisms to the attack of predators.

The feeding habits between males and females as well as between the two length classes and seasons of the year analyzed presents similarity in the study area, since the R-

statistic had a value close to zero, indicating that the groups are not particularly distinguishable.

The broad variety of food items consumed by the cobia, associated with the high number of stomachs containing food and the fact that no prey item stood out in the feeding strategy, confirms the hypothesis that the cobia on the coast of Pernambuco State, northeastern Brazil, is a voracious predator without selectivity, the feeding of which is apparently more related to the availability of food sources in the environment. Moreover, the fact that this species feeds preferentially on prey with demersal habits confirms that feeding occurs near the bottom.

Information on feeding habits may contribute to the development of specific feed and food management for cobia, mainly in the final stages of grow out where the feed consumption increases.

Acknowledgments

The authors are grateful to the Brazilian fostering agencies Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for granting scholarship during the execution of this study and to Dr. Gírlene Fábila Viana for assisting in the identification of the crustaceans.

References

- Amundsen P.A., Gabler H.M., Staldvik F.J., 1996, A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *J. Fish. Biol.* 48, 607-614.
- Apac - Agência Pernambucana de Águas e Clima, 2016, <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>
- Arendt M.D., Olney J.E., Lucy J.A., 2001, Stomach content analysis of cobia, *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay. *Fish. Bull.* 99, 665–670.
- Arnold C.R., Kaiser J.B., Holt G.J., 2002, Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. *J. World Aquac. Soc.* 33(2), 205-208.
- Benetti D.D., Orhun M.R., Sardenberg B., O'Hanlon B., Welch A., Hoenig R., Zink I., Rivera J.A., Denlinger B., Bacoat D., Palmer K., Cavalin F., 2008, Advances in

- hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). Aquac. Res. 39, 701-711.
- Bizarro J.J., Robinson H.J., Rinewalt C.S., Ebert D.A., 2007, Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. Environ. Biol. Fish. 80, 197-220.
- Brasil, 2008, Estatística da pesca - 2007 - Brasil. Ministério do Meio Ambiente, IBAMA Coordenação-Geral de Gestão de Recursos Pesqueiros. Brasília.
- Brasil, 2013, Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2011. Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília.
- Carpenter K.E., 2002a, The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. pp. 1-600.
- Carpenter K.E., 2002b, The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2: Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. pp. 601-1374.
- Carpenter K.E., 2002c, The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. pp. 1375-2127.
- Carvalho Filho A., 1999, Peixes da Costa brasileira. 3rd edition, Melro, São Paulo.
- Cavalli R.O., Garcia A.S., 2013, Exigências nutricionais e alimentação do beijupirá. In: Fracalossi D.M., Cyrino J.E.P. (Eds), Nutriaqua - Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática - AQUABIO, Florianópolis, pp 269-282.
- Cortés E., 1997, A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54, 726-738.
- Costa-Bomfim C.N., Pessoa W.V.N., Oliveira R.L.M., Farias J.L., Domingues E.C., Hamilton S., Cavalli R.O., 2014, The effect of feeding frequency on growth

- performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). J. Appl. Ichthyol. 30, 135-139.
- Costello M.J., 1990, Predator feeding strategy and prey importance: a nex graphical analysis. J. Fish. Biol. 36, 261-263.
- Coxey M.S., 2008, Biological diversity and community structure in vessel reefs in the coast of Recife (PE) - Brazil. Dissertation, Universidade do Algarve.
- Craig S.R., Schwarz M.H., Mclean E., 2006, Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. Aquaculture 261, 384-391.
- Darracott A., 1977, Availability, morphometrics, feeding and breeding activity in a multispecies, demersal fish stock of the western Indian Ocean. J. Fish. Biol. 10, 1-16.
- Fao, 2016, Fisheries and Aquaculture Department, Statistic and Information Service. FishStatJ: Universal software for fishery statistical time series. Copyright 2011.
- Felix F.C., Hackradt C.W., 2008, Interaction between *Rachycentron canadum* and *Epinephelus itajara*, on the Paraná Coast, Brasil. Coral Reefs 27, 633.
- Ferry L.A., Cailliet G.M., 1996, Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? In: MacKinlay D., Shearer K. (Eds) Feeding ecology and nutrition in fish, International Congress of the Biology of Fishes. American Fisheries Society, San Francisco, pp 71-80.
- Figueiredo J.L., Menezes N.A., 1980, Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III Teleostei (2). Museu de Zoologia da USP, São Paulo.
- Franks J.S., Garber N.M., Warren J.R., 1996, Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. Fish. Bull. 94, 374-380.
- Franks J.S., Ogle J.T., Lotz J.M., Nicholson L.C., Barnes D.N., Larsen K.M., 2001, Spontaneous spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, induced by human chorionic gonadotropin (HCG), with comments on fertilization, hatching, and larval development. Proc. Annu. Gulf. Caribb. Fish. Inst. 52, 598-609.
- Franks J.S., Warren J.R., Buchanan M.V., 1999, Age and growth of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northeastern Gulf of Mexico. Fish. Bull. 97, 459-471.
- Franks J.S., Brown-Peterson N.J., 2002, A review of age, growth and reproduction of cobia, *Rachycentron canadum*, from U.S. Waters of the Gulf of Mexico and Atlantic Ocean. Proc. Annu. Gulf. Caribb. Fish. Inst. 53, 553-569.
- Fraser T.W.K., Davies S.J., 2009, Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. Aquac. Res. 40, 1219-1234.

- Fry G.C., Griffiths S.P., 2010, Population dynamics and stock status of cobia, *Rachycentron canadum*, caught in Australian recreational and commercial coastal fisheries. *Fish. Manag. Ecol.* 17, 231-239.
- Gomes, U.L., Rosa R.S., Gadig O.B.F., 2000, *Dasyatis macrophthalma* sp.n.: A new species of stingray (Chondrichthyes: Dasyatidae) from the Southwestern Atlantic. *Copeia* 2000(2), 510-515.
- Greenfield, D.W., 1981, Holocentridae. In: Fischer W., Bianchi G., Scott W.B. (Eds.) *FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Central Atlantic; fishing areas Vol. 2: 34, 47 (in part).* Department of Fisheries and Oceans Canada and FAO.
- Hamilton, S., 2017, Biologia reprodutiva e hábito alimentar do beijupirá *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), como base para o desenvolvimento da piscicultura marinha. Phd thesis. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.
- Humann P., Deloach N., 2002, Reef fish identification: Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publication, Florida.
- Knapp F.T., 1951, Food habits of the sergeantfish, *Rachycentron canadus*. *Copeia* 1951(1), 101-102.
- Liao I.C., Huang T.S., Tsai W.S., Hsueh C.M., Chang S.L., Leño E.M., 2004, Cobia culture in Taiwan: current status and problems. *Aquaculture* 237, 155-165.
- Liao I.C., Leño E.M., 2007, Cobia aquaculture: research, development and commercial production. Asian Fisheries Society, Taiwan.
- Lopes P.R.D., Oliveira-Silva J.T., Sena M.P., 2001, Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. *Sitientibus Série Ciências Biológicas* 1(1), 56-59.
- Lucena F.M., Vaske Jr T., Ellis J.R., O'Brien C.M., 2000, Seasonal variation in the diets of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) and striped weakfish, *Cynoscion guatucupa* (Scianidae) in southern Brazil: implications of food partitioning. *Environ. Biol. Fish.* 57, 423-434.
- Meyer G.H., Franks J.S., 1996, Food of cobia *Rachycentron canadum* from the northcentral Gulf of Mexico. *Gulf. Res. Rep.* 9, 161-167.
- Peregrino Jr R.B., Hamilton S., Domingues E.C., Manzella Jr J.C., Hazin F.H.V., Cavalli R.O., 2014, Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 66 (3), 681-687.
- Pinkas L., Oliphant M.S., Iverson I.L.K., 1971, Food habits of Albacore, Bluefin tuna and Bonito in California Waters. *Fish. Bull.* 152, 1-105.

- Richards C.E., 1967, Age, growth and fecundity of the cobia, *Rachycentron canadum*, from Chesapeake Bay and adjacent Mid-Atlantic waters. T. Am. Fish. Soc. 96(3), 343-350.
- Rohit P., Bhat U.S., 2012, Fishery and diet composition of the cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) exploited along Karnataka coast. Indian J. Fish. 59(4), 61-65.
- Shaffer R.V., Nakamura E.L., 1989, Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). FAO Fisheries Synopsis, 153. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Report. Washington D.C.
- Smith J.W., 1995, Life history of cobia, *Rachycentron canadum* (Osteichthyes: Rachycentridae), in North Carolina Waters. Brimleyana 23, 1-23.
- Smith J.W., Merriner J.V., 1982, Association of cobia, *Rachycentron canadum*, with cownose ray, *Rhinoptera bonasus*. Estuaries 5(3), 240-242.
- Zavala-Camin L.A., 1996, Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes. EDUEM, Maringá.

Table 1. Diet composition of cobia (*Rachycentron canadum*), collected in Northeastern Brasil, expressed as percentage frequency of occurrence (%FO), percentage of number (%N), percentage of weight (%W) and percentage of index of relative importance (%IRI). Number in parenthesis indicates the order of top ten items by %IRI. Unidentified prey (UID).

Food item	% FO	%N	%W	%IRI
Muraenidae				
<i>Gymnothorax</i> sp.	7.6	2.0	5.4	1.9 (7)
Ophichthidae				
<i>Myrichthys ocellatus</i> (Lesueur, 1825)	8.7	4.2	10.4	4.2 (3)
Clupeidae				
<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	1.1	0.3	1.1	0.1
Synodontidae				
<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus ,1766)	2.2	0.8	3.2	0.3
Batrachoididae				
UID Batrachoididae	3.3	1.1	3.6	0.5 (10)
Holocentridae				
<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)	17.4	45.5	7.6	30.7 (1)
Dactylopteridae				
<i>Dactylopterus volitans</i> (Linnaeus ,1758)	7.6	2.0	3.2	1.3 (8)
Scorpaenidae				
<i>Scorpaena plumieri</i> Bloch, 1789	5.4	2.0	9.6	2.1 (6)
Triglidae				
<i>Prionotus</i> sp.	1.1	0.3	0.3	< 0.1
Serranidae				
UID Serranidae	1.1	0.3	1.5	0.1
Haemulidae				
<i>Haemulon</i> sp.	1.1	0.3	3.0	0.1
Sparidae				
UID Sparidae	1.1	0.3	0.1	< 0.1
Mullidae				
<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)	3.3	2.2	5.1	0.8 (9)
Paralichthyidae				
<i>Syacium micrurum</i> Ranzani, 1842	7.6	4.7	3.6	2.2 (5)
Bothidae				
<i>Bothus ocellatus</i> (Agassiz, 1831)	12.0	6.7	2.9	3.8 (4)
Balistidae				
<i>Balistes caprisus</i> Gmelin, 1789	1.1	0.3	0.5	< 0.1
Monacanthidae				
UID Monacanthidae	2.2	0.5	0.1	< 0.1
Ostraciidae				
UID Ostraciidae	2.2	0.6	1.4	0.1
Diodontidae				
<i>Diodon</i> sp.	17.4	6.1	8.0	8.2 (2)
Remains of teleost	43.5	13.4	15.9	42.3
Actinopterygii		93.6	86.5	98.7

Table 1. (continued)

Food item	% F	%N	%W	%IRI
Carcharhinidae				
<i>Rhizoprionodon porosus</i> (Poey, 1861)	1.1	0.3	1.7	0.1
Rhinobatidae				
<i>Rhinobatos percellens</i> (Walbaum, 1792)	1.1	0.8	5.4	0.2
Remains of elasmobranchs	3.3	0.8	2.3	0.3
Chondrichthyes		1.9	9.4	0.6
Palinuridae				
<i>Panulirus argus</i> (Latreille, 1804)	2.2	0.8	1.2	0.1
Penaeidae				
<i>Farfantepenaeus subtilis</i> (Pérez Farfante, 1967)	4.3	2.0	0.1	0.3
Portunidae				
<i>Cronius tumidulus</i> (Stimpson, 1871)	1.1	0.3	< 0.1	< 0.1
Remains of crustaceans	1.1	0.3	< 0.1	< 0.1
Crustacea		3.4	1.3	0.4
Loliginidae				
UID Loliginidae	1.1	0.3	2.0	0.1
Octopodidae				
<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797	3.3	0.8	0.8	0.2
Cephalopoda		1.1	2.8	0.3
Total stomachs analyzed = 110				
Number of stomachs with prey (%) = 92 (83.6%)				
Number of empty stomachs (%) = 18 (16.4%)				

Table 2. Results of ANOSIM tests comparing feeding habits between sexes, seasons and size classes of cobia, *Rachycentron canadum*.

	<i>R</i> -statistic	<i>p</i> -value
Global Test, %N		
Sex	-0.012	0.733
Seasons	0.087	0.011*
Size classes	-0.007	0.562

Significance levels were set at $p=0.05$ and are indicated by *

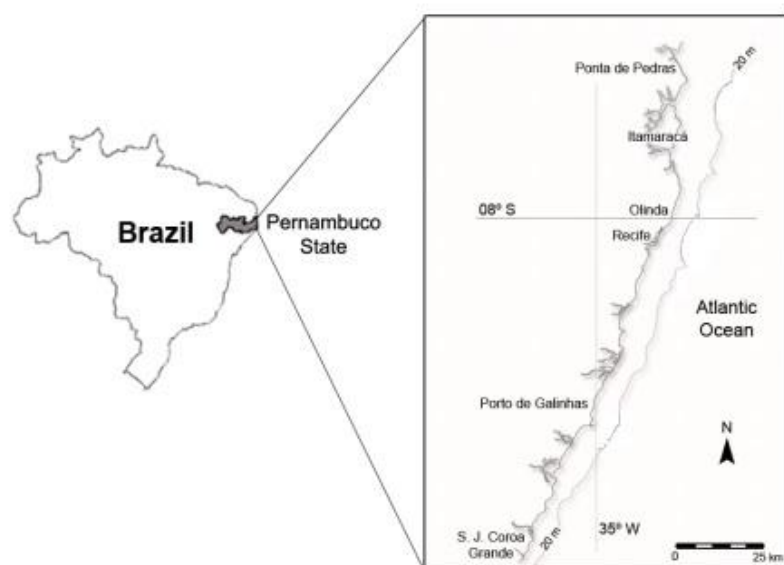


Fig. 1. Sampling area of cobia *Rachycentron canadum* in Pernambuco Northeastern Brazil.

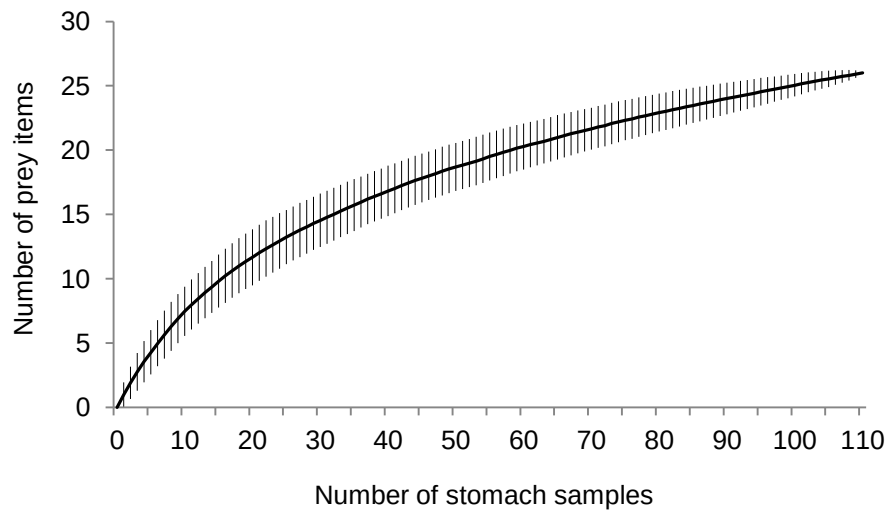


Fig. 2. Cumulative number of prey items per stomach sample for cobia *Rachycentron canadum* in Northeastern Brazil (n=110; total food items = 26; vertical bar = standard deviation).

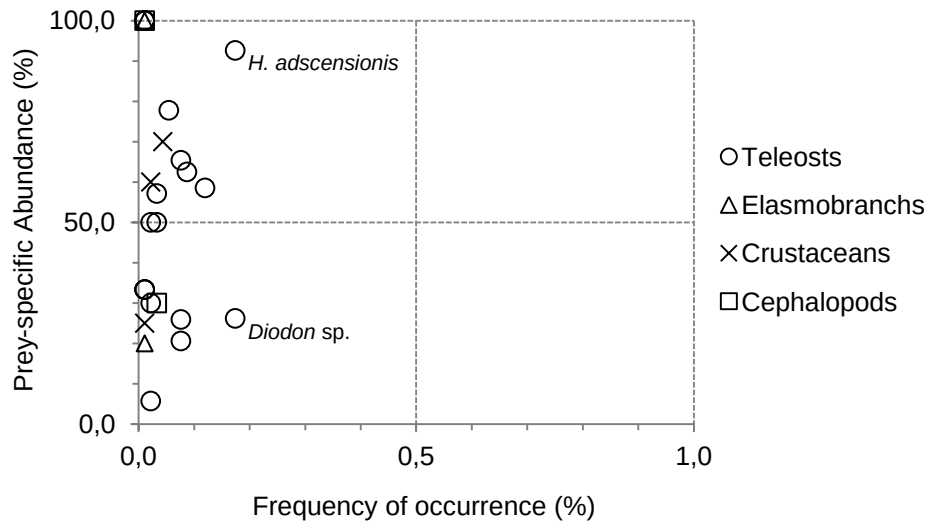


Fig. 3. Feeding strategy diagram for cobia *Rachycentron canadum* in Northeastern Brazil.

Prey-specific abundance (%) plotted against frequency of occurrence by individual prey items.

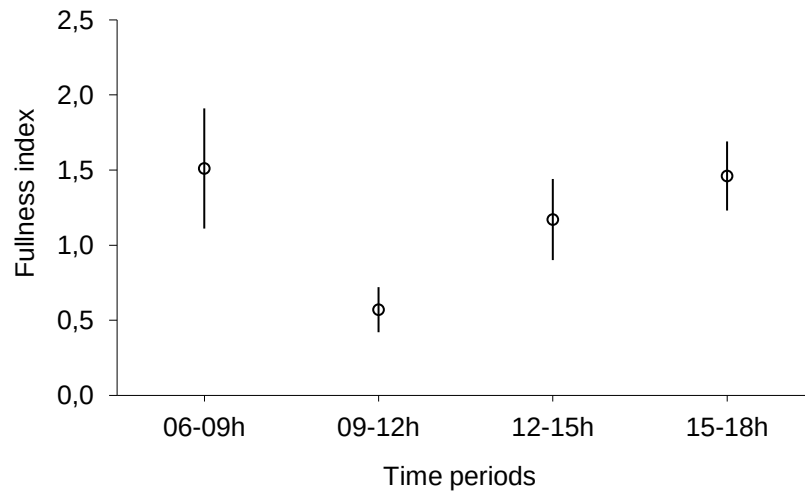


Fig. 4. Fullness index by time of day for cobia *Rachycentron canadum* in Northeastern Brazil (n=80). Vertical bar = standard error (n=12 for 6-9 h period; n=11 for 9-12 h period; n=11 for 12-15 h period; and, n=46 for 15-18 h period).

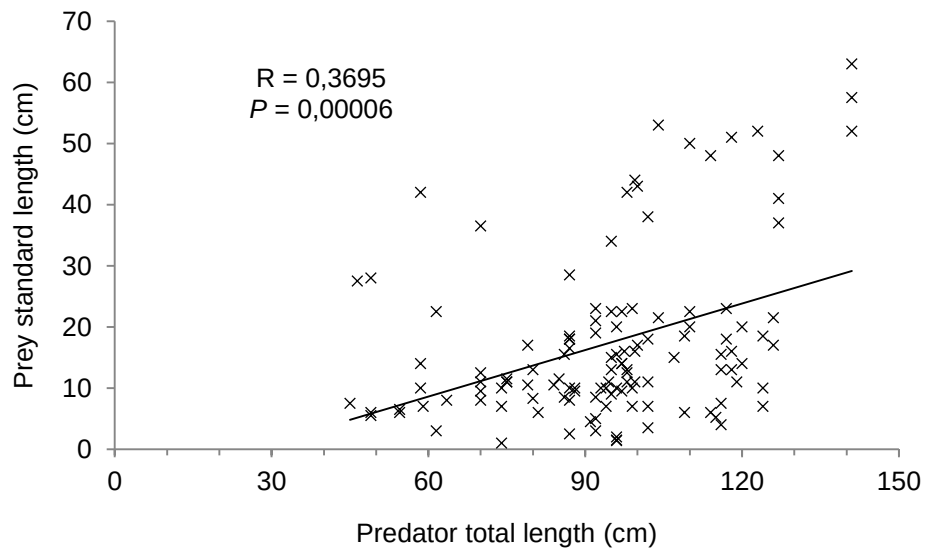


Fig. 5. Predator-prey size relationship of cobia *Rachycentron canadum* in Northeastern Brazil.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações finais

Na apresentação da 3ª edição do livro Fisiologia de Peixes Aplicada à Piscicultura (2013), o Professor Bernardo Baldisserotto cita uma frase do Dr. Euclydes dos Santos Filho, seu professor de Fisiologia Comparada na graduação: "É preciso compreender a fisiologia da espécie para se ter sucesso no seu cultivo". Cita, ainda, como requisito necessário ao bom desenvolvimento da piscicultura, o conhecimento adequado da biologia da espécie a ser cultivada.

Embora as iniciativas de aquicultura do beijupirá tenham recebido apoio da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP) / Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), órgãos atualmente extintos, por meio de investimentos em projetos-pilotos de criação da espécie, inicialmente em São Paulo e na Bahia e, posteriormente, em Pernambuco, poucas pesquisas a cerca da biologia do beijupirá foram desenvolvidas no país, até a presente data.

Acreditamos que é nesse sentido que esta tese desempenha um papel importante no desenvolvimento da piscicultura marinha, especificamente do beijupirá, disponibilizando informações básicas, mas essenciais, a respeito da espécie, como no primeiro artigo da tese onde se faz uma revisão da bibliografia atual (Anexo I).

Embora as amostras coletadas no presente trabalho tenham sido reduzidas, comprovando a baixa ocorrência do beijupirá na costa de Pernambuco, os resultados encontrados corroboram as informações biológicas obtidas em estudos realizados nos Estados Unidos, Austrália, Índia, entre outros.

O beijupirá é um predador carnívoro que se alimenta próximo ao fundo, sendo os peixes ósseos seu principal item alimentar na área do estudo. Ainda, não parece haver diferenças entre a alimentação de machos e fêmeas ou de indivíduos menores e maiores que 69,8 cm Cz (tamanho de primeira maturação estabelecido no presente estudo para as fêmeas).

Apesar de a alimentação corresponder por entre 45 a 75% dos custos operacionais na criação do beijupirá, estudos sobre as exigências nutricionais e do manejo da alimentação ainda são relativamente escassos e foram realizados com peixes menores que 100g, peso bem inferior ao de comercialização, geralmente acima dos 3 kg. Há, portanto, a necessidade de se definir as exigências em peixes maiores, principalmente se considerarmos que é na fase de engorda que a maior quantidade de ração é utilizada e, conseqüentemente, a que tem maior impacto econômico e ambiental.

Neste sentido, o estudo do hábito alimentar pode auxiliar na elaboração de rações mais adequadas às exigências nutricionais de indivíduos maiores, uma vez que a exigência nutricional sofre variação ontogênica.

Os dados sobre a reprodução da espécie comprovam a sua alta fecundidade e confirmam que, embora a reprodução se estenda por um longo período, a atividade reprodutiva apresenta picos nos meses mais quentes do ano (entre fevereiro e abril) quando a temperatura da água se eleva ($\approx 28\text{ }^{\circ}\text{C}$), enquanto nos meses de junho e julho, quando a temperatura da água diminui ($\approx 26\text{ }^{\circ}\text{C}$), aparentemente não ocorre reprodução. Estes resultados indicam, por exemplo, as condições ambientais favoráveis à realização de desovas em cativeiro

O desenvolvimento deste trabalho deu suporte, em parte, à implantação da linha de pesquisa em piscicultura marinha dentro do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), uma vez que foi a partir dele que foi iniciado o primeiro projeto na área. Foi no contexto do Projeto Maricultura, financiado pela Agência de Desenvolvimento do Nordeste - ADENE, que iniciou-se a formação de um plantel de reprodutores da espécie, trabalho que gerou uma dissertação de mestrado e um artigo científico (Anexo II).

Com o desenvolvimento da linha de pesquisa no DEPAq/UFRPE, e a contratação de um Professor Titular, outros trabalhos foram realizados visando ao desenvolvimento sustentável da criação do beijupirá, dois abordando a questão da viabilidade econômica (Anexos III e IV) e outro sobre a frequência alimentar da espécie em cativeiro (Anexo V). Além de outros trabalhos científicos desenvolvidos por pesquisadores do Laboratório de Piscicultura Marinha (LPM/ DEPAq/ UFRPE) e de outras instituições de pesquisa integrados à Rede de Pesquisa em Piscicultura Marinha - REPIMAR.

Embora Pernambuco tenha sido pioneiro na produção comercial de beijupirá no Brasil, com a produção de 49 t em 2009, a empresa responsável por essa iniciativa paralisou as suas atividades em 2011 devido a uma série de dificuldades, como a baixa qualidade e alto custo das rações, a instabilidade na produção de alevinos no laboratório, incidentes de colisão de embarcações com as gaiolas, entre outras.

Em 2010, o LPM/ UFRPE, implantou uma fazenda experimental em mar aberto para estudar a viabilidade da produção de beijupirá em gaiolas, o *Projeto Cação de Escama*. Enfrentando as mesmas dificuldades da empresa privada e com uma elevada mortalidade, o projeto alcançou a produção de peixes de 4 kg em um ciclo de 10 meses, demonstrando o potencial de crescimento da espécie no sistema de criação em gaiolas. Por outro lado, o

projeto serviu como base para uma série de estudos desenvolvidos pela REPIMAR, nas áreas de monitora[mento ambiental, doenças e sanidade, rastreabilidade, beneficiamento, viabilidade econômica, mercado, entre outros.

Atualmente, a criação de beijupirá no país se restringe aos litorais norte de São Paulo e sul do Rio de Janeiro, onde estima-se que tenham sido produzidas, em 2016, cerca de 100 t em gaiolas instaladas em áreas protegidas próximas à costa.

Após uma década de esforços e investimentos públicos e privados em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, podemos afirmar que a piscicultura marinha é, ainda hoje, uma atividade incipiente no Brasil.

Algumas questões ainda precisam ser resolvidas para o avanço da atividade. A primeira diz respeito à produção de uma ração de alta qualidade para peixes marinhos e com um custo mais baixo do que praticado atualmente. Por outro lado, o estabelecimento de Centros Regionais de Pesquisa em Maricultura poderia contribuir não somente no desenvolvimento dessas rações, mas também prestariam um serviço importante na produção de juvenis de qualidade e na realização de pesquisas com outras espécies de peixes marinhos com potencial para a piscicultura. Além de servirem como pólos de formação de recursos humanos.

É importante que as políticas públicas de fomento tenham caráter permanente, pois, como qualquer nova atividade, a piscicultura marinha precisará de tempo para vencer os obstáculos que se apresentaram até os dias de hoje.

Finalmente, acreditamos que com o domínio da produção de formas jovens em laboratório e com a formulação de uma ração adequada para o bom desempenho do beijupirá, não somente a produção da espécie se incrementará, mas também se abrirá o caminho para a criação de outras espécies de peixes marinhos no país.

ANEXOS

Anexo I

BIOLOGIA E AQUICULTURA DO BEIJUPIRÁ: UMA REVISÃO

Santiago HAMILTON ¹; William SEVERI ¹; Ronaldo Olivera CAVALLI ¹

RESUMO

O presente artigo apresenta uma revisão da biologia e estado da arte da criação do beijupirá (*Rachycentron canadum*), espécie nativa do litoral brasileiro que, nos últimos anos, vem sendo alvo de uma série de estudos e iniciativas de aquicultura em nosso país. Os principais resultados das pesquisas sobre alimentação, idade e crescimento, reprodução, larvicultura, engorda, nutrição e alimentação, sanidade e mercado, disponíveis na literatura nacional e internacional até janeiro de 2013, são apresentados e discutidos.

Palavras chave: *Rachycentron canadum*; hábito alimentar; biologia reprodutiva; piscicultura marinha

BIOLOGY AND AQUACULTURE OF COBIA: A REVIEW

ABSTRACT

The present article presents a review of the biology and the state-of-the-art of the culture of cobia (*Rachycentron canadum*), a native species to Brazilian coastal waters, which, in the last few years, has been targeted as a potential candidate for marine fish farming in Brazil. Main research findings related to feeding, age and growth, reproduction, larviculture, growout, nutrition and feeding, diseases and market that were published until January 2013 are presented and discussed.

Keywords: *Rachycentron canadum*; food habit; reproductive biology; marine fish farming

Artigo de Revisão: Recebido em 07/03/2013 – Aprovado em 28/08/2013

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos – CEP: 52.171-900 – Recife – PE – Brasil. e-mail: santihamilton@hotmail.com (autor correspondente)

Anexo II

Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.66, n.3, p.681-687, 2014

Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco

[*Reproductive performance of cobia (Rachycentron canadum) captured of Pernambuco, Brazil*]

R.B. Peregrino Jr., S. Hamilton, E.C. Domingues, J.C. Manzella Jr.,
F.H.V. Hazin, R.O. Cavalli*

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE – Recife, PE

RESUMO

O desempenho reprodutivo de exemplares selvagens de beijupirá capturados no litoral de Pernambuco e aclimatados ao cativeiro foi avaliado durante 10 meses. Um plantel composto por duas fêmeas (peso de 14 a 16kg) e quatro machos (cerca de 12kg) mantidos em um único tanque de 70t produziu 48,7 milhões de ovos no período de outubro a junho. As fêmeas foram capazes de desovar 21 vezes, com uma frequência média ($\pm$ DP) de uma desova a cada 11,9 dias ($\pm$ 2,9). Em média, cada desova produziu 2,4 milhões de ovos, com fertilização de 52,4%, o que resultou em aproximadamente 1,0 milhão de larvas por desova. Os resultados demonstram a viabilidade da metodologia empregada na formação do plantel e no manejo de reprodutores e confirmam a relativa facilidade de obtenção de desovas espontâneas do beijupirá em cativeiro. Também foi confirmado que o período reprodutivo dessa espécie em cativeiro se estende além do observado na natureza. Este é o primeiro relato sobre o desempenho reprodutivo do beijupirá em cativeiro no Brasil.

Palavras-chave: aquicultura, piscicultura marinha, reprodução, desova

ABSTRACT

The reproductive performance of wild cobia caught off the coast of Pernambuco, northeastern Brazil, was assessed. Six breeders (two females with 14-16kg and four males with approximately 12kg each) were maintained in a 70 ton tank from October to June and produced 48.7 million eggs. Females were able to spawn every 11.9 days ($\pm$ 2.9), which resulted in 21 spawns. On average each spawn produced 2.4 million eggs with a fertilization of 52.4%, which resulted in approximately 1.0 million larvae per spawn. The present results demonstrate the feasibility of the methodology employed here in the formation and management of a cobia breeding stock and confirm the ease of spawning cobia in captivity. It was also confirmed that the spawning season may be extended under captivity when compared to the wild stock. This is the first report on the reproductive performance of cobia in captivity in Brazil.

Keywords: Aquaculture, marine fish farming, reproduction, spawning

INTRODUÇÃO

A piscicultura marinha tem apresentado uma das maiores taxas anuais de crescimento entre os vários setores da aquicultura (FAO, 2011). No caso do Brasil, apesar das ótimas condições ambientais e da ocorrência de espécies de peixes com alto potencial, esta atividade ainda não contribui significativamente na produção de

pescado (Brasil, 2011). Entre as espécies nativas da costa brasileira, o beijupirá (*Rachycentron canadum*) apresenta alta taxa de crescimento, conversão alimentar relativamente baixa, bom valor de mercado e filé de qualidade (Liao e Leão, 2007). Em 2011, a produção mundial dessa espécie pela aquicultura foi de 40.863t (FAO, 2013). China, Taiwan e o Vietnã são os principais produtores, embora existam projetos de pesquisa e desenvolvimento em vários outros países. No Brasil, iniciativas de criação do

Recebido em 5 de junho de 2012

Aceito em 7 de novembro de 2013

*Autor para correspondência (corresponding author)

E-mail: ronaldocavalli@gmail.com

Anexo III

VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DO BEIJUPIRÁ EM MAR ABERTO EM PERNAMBUCO*

Ernesto Carvalho DOMINGUES¹; Santiago HAMILTON¹; Thales Ramon de Queiroz BEZERRA¹; Ronaldo Olivera CAVALLI¹

RESUMO

A criação do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes tem sido objeto de recentes esforços de pesquisa e iniciativas empresariais no Brasil. Este estudo apresenta os resultados da análise econômica de uma fazenda experimental instalada no mar aberto, em Pernambuco. Foram considerados diferentes níveis de produtividade (5, 10 e 15 kg m⁻³), preços de venda (R\$ 7,00, R\$ 11,00 e R\$ 15,00 kg⁻¹) e escala de produção (módulos com 6, 12 e 24 gaiolas de 1.600 m³). Com base nestes cenários, a aquicultura do beijupirá em gaiolas em mar aberto seria rentável se o valor de venda for R\$ 15,00 kg⁻¹ e com uma produtividade igual ou maior a 10 kg m⁻³. Caso o valor de venda seja R\$ 11,00 kg⁻¹, a atividade somente seria viável na produtividade de 15 kg m⁻³ com 12 ou mais gaiolas. A alimentação oscilou entre 39,8 e 76,4% do custo operacional, conforme o nível de produtividade. A criação do beijupirá em mar aberto pode ser economicamente viável, mas torna-se mais atrativa com o aumento do número de unidades de produção. As necessidades de capital podem estar além da capacidade financeira dos produtores de pequeno e médio porte.

Palavras chave: *Rachycentron canadum*; piscicultura marinha; aquicultura; economia; investimento

ECONOMIC FEASIBILITY OF OFFSHORE COBIA FARMING IN PERNAMBUCO, NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

The farming of cobia (*Rachycentron canadum*) in offshore floating cages has been a subject of recent research efforts and commercial ventures in Brazil. This study presents an economic feasibility analysis of an experimental farm off the coast of Pernambuco, northeastern Brazil. Different levels of productivity (5, 10 and 15 kg m⁻³), sale prices (R\$ 7.00, R\$ 11.00 and R\$ 15.00 kg⁻¹) and farm size (6, 12 and 24 cages of 1,600 m³) were considered. Given these scenarios, the offshore farming of cobia will only be profitable when the sale price is R\$ 15.00 kg⁻¹ and the productivity is equal or higher than 10 kg m⁻³. If the sale price is R\$ 11.00 kg⁻¹, cobia farming would only be feasible if 15 kg m⁻³ are produced in 12 or more cages. Feed ranged from 39.8 to 76.4% of operating expenses according to the productivity level. Offshore farming of cobia in northeastern Brazil may be economically feasible, but it becomes more attractive with an increased number of production units. The needs for capital may be beyond the financial means of small/medium-sized producers.

Keywords: *Rachycentron canadum*; marine fish farming; aquaculture; economy; investment

Artigo Científico: Recebido em 16/10/2013 – Aprovado em 08/04/2014

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Piscicultura Marinha. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife - PE - Brasil. e-mail: ernestocd@yahoo.com.br; santihamilton@hotmail.com (autor correspondente); thales_ramon@hotmail.com; ronaldocavalli@gmail.com

* Apoio financeiro: Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Procs. 559.759/2009-6 e 559.741/2009-0)



Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil

Thales Ramon Q. de Bezerra¹ · Ernesto C. Domingues¹ ·
Luiz Flávio A. Maia Filho² · Artur N. Rombenso³ ·
Santiago Hamilton¹ · Ronaldo O. Cavalli¹

Received: 1 April 2015 / Accepted: 22 September 2015 / Published online: 26 September 2015
© Springer International Publishing Switzerland 2015

Abstract Economic feasibility studies regarding aquaculture systems are relatively scarce, but they are important to potential investors and for the allocation of resources for research and technological development. This study evaluated the economic viability of cobia cage culture from the actual investment and operational costs of a large-scale operation off Recife, northeastern Brazil (industrial system; IS), and a family-run farm located in a near-shore area of Rio de Janeiro (familiar system; FS). The IS had twenty-four 1607 m³ floating cages deployed at a depth of 24 m, while the FS had six 75 m³ wooden cages installed in a sheltered 6- to 7-m-deep area. Analyses of profitability (gross revenue, operational profit, cost price and break-even production) and investment (net present value—NPV; and payback time) were performed. An analysis of sensitivity was also carried out. The IS required an initial investment of approximately US\$ 1.5 million dollars and was more sensitive to FCR, selling price and productivity fluctuations than the FS. The FS required a relatively small initial investment (US\$ 16,000 dollars), which makes it more flexible to variations in production parameters and market fluctuations. The NPV was positive for both systems, and the payback times were estimated to be 3.88 years for the IS and 2.07 years for the FS. Therefore, given the assumptions of this study, cage culture of cobia in Brazil may be considered economically feasible in offshore production systems and in near-shore, FSs. Governmental support through decreased import taxes is recommended as a way to accelerate the early development of the cage culture of marine fish in Brazil.

✉ Ronaldo O. Cavalli
ronaldocavalli@gmail.com

¹ Laboratório de Piscicultura Marinha, Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, Brazil

² Departamento de Letras e Ciências Humanas, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, PE, Brazil

³ Center for Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences, Southern Illinois University Carbondale, Carbondale, IL, USA

Anexo V

Journal of
Applied Ichthyology

J. Appl. Ichthyol. 30 (2014), 135–139
© 2013 Blackwell Verlag GmbH
ISSN 0175–8659

Received: November 25, 2012
Accepted: August 3, 2013
doi: 10.1111/jai.12339

DWK

The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766)

By C. N. Costa-Bomfim^{1,2}, W. V. N. Pessoa¹, R. L. M. Oliveira¹, J. L. Farias¹, E. C. Domingues¹, S. Hamilton¹ and R. O. Cavalli¹

¹Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Piscicultura Marinha, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife, Brazil; ²Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Núcleo de Engenharia de Pesca, Universidade Federal de Sergipe - UFS, Aracaju, Brazil

Summary

The present study was carried out to investigate the number of daily feeding sessions that results in maximum growth of juvenile cobia under laboratory conditions. Groups of eight fish (110 g) were randomly distributed in twenty 500-L tanks and hand-fed a commercial diet for 60 days. The same amount of feed was offered daily, divided in 1, 2, 3, four or six meals. None of the parameters associated with growth performance (survival, weight gain, specific growth rate, feed intake, condition factor or size variation) showed any significant differences among treatments. Although under the present conditions feeding frequency had no effect on the growth performance of cobia larger than 110 g, in commercial farming operations where large numbers of fish are kept within a single rearing structure, fish may have aggressive interactions during feeding. Under these conditions, it is difficult to ensure that all cobia are fed to satiation and thus it is usual to provide two or more meals per day. The present results indicate that for an individual cobia the provision of more than one daily meal has no significant effect on growth performance.

Despite the potential to reduce both economical and environmental pressure in marine fish culture operations, little has been carried out to establish proper feed management practices. It is well established that feeding rate and frequency play crucial roles on fish performance (Elliott, 1975; Murai and Andrews, 1976; Jobling, 1983; Tung and Shiao, 1991; Thomassen and Fjæra, 1996; Johansen and Jobling, 1998; Wang et al., 1998; Liu and Liao, 1999; Sanches and Hayashi, 2001; Schnaittacher et al., 2005) and ultimately on the economic viability of fish farms (Başçınar et al., 2007). Although feeding rates for cobia of different sizes have already been established (Liao et al., 2004; Xiao et al., 2010), as yet no study has analyzed the effects of feeding frequency on growth performance (Chen and Liao, 2007; Fraser and Davies, 2009).

Based on work with other marine finfish species, it is hypothesized that feeding frequency will affect the growth performance of cobia. The present study was therefore designed to determine the number of daily feeding sessions that results in maximum growth of juvenile cobia under laboratory conditions.

Introduction

Cobia (*Rachycentron canadum*) is a marine finfish species with emerging potential for aquaculture. This species presents several characteristics that turn it into a natural candidate for mariculture: easiness of spawning in captivity and high fecundity (Franks et al., 2001; Arnold et al., 2002), established larviculture protocols (Holt et al., 2007), capacity for rapid growth rates (Chou et al., 2001), amenability to a variety of rearing techniques and culture systems, adaptability to commercially available aquafeeds and a high quality white flesh (Liao et al., 2004). As a result, production of cobia within the past decade has gradually increased in tropical and subtropical areas of the world. In 2011, a total of 40 863 tonnes of cobia were harvested from aquaculture farms (FAO, 2013). Main producing countries are China, Taiwan and Vietnam (FAO, 2013), and attempts to rear cobia have also been reported in another 20 countries.

Feeding is considered the most expensive operational cost in cobia farming (Sanches et al., 2008; Miao et al., 2009).

Materials and methods

Groups of eight ($n = 8$) cobia juveniles obtained from a private hatchery (Aqualider Maricultura S.A., Ipojuca, PE, Brazil) were stocked into each of twenty 500-L flow-through circular tanks placed outdoors and covered with a shading screen. Tanks were supplied with a continuous flow (approximately 5 L min^{-1}) of sand-filtered seawater and continuous aeration. Fish were conditioned for one week and fed a commercial diet (Socil Evialis, São Lourenço da Mata, PE, Brazil) twice daily (at 0700 h and 1700 h) to apparent satiation. Analysis of the diet (AOAC, 1990) indicated that it contained 47.4% crude protein, 8.5% lipids and 9.4% ash. After conditioning, all fish were weighed and measured. Mean ($\pm$ SE) initial weight and total length were 109.7 g (± 0.9) and 24.84 cm (± 0.03), respectively. The photoperiod regime was natural and the diurnal cycle lasted from sunrise at 0530 h to sunset at 1730 h over the course of the experiment. Light intensity was measured daily with a digital lux meter (model LD-201; Instrutherm, São Paulo, Brazil), and