

Aquicultura do beijupirá (*Rachycentron canadum*) no Brasil

Ronaldo Olivera Cavalli
Organizador

AQUICULTURA DO BEIJUPIRÁ
(*Rachycentron canadum*)
NO BRASIL

1ª Edição



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE FURG

Reitor

DANILO GIROLDO

Vice-Reitor

RENATO DURO DIAS

Chefe do Gabinete do Reitor

JACIRA CRISTIANE PRADO DA SILVA

Pró-Reitor de Extensão e Cultura

DANIEL PORCIUNCULA PRADO

Pró-Reitor de Planejamento e Administração

DIEGO D'ÁVILA DA ROSA

Pró-Reitor de Infraestrutura

RAFAEL GONZALES ROCHA

Pró-Reitora de Graduação

SIBELE DA ROCHA MARTINS

Pró-Reitora de Assuntos Estudantis

DAIANE TEIXEIRA GAUTÉRIO

Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de
Pessoas

LUCIA DE FÁTIMA SOCOOWSKI DE

ANELLO

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

EDUARDO RESENDE SECCHI

Pró-Reitora de Inovação e Tecnologia da
Informação

DANÚBIA BUENO ESPÍNDOLA

EDITORA DA FURG

Coordenadora

CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA

COMITÊ EDITORIAL

Presidente

DANIEL PORCIUNCULA PRADO

Titulares

ANDERSON ORESTES CAVALCANTE

LOBATO

ANGELICA CONCEIÇÃO DIAS MIRANDA

CARLA AMORIM NEVES GONÇALVES

CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA

EDUARDO RESENDE SECCHI

ELIANA BADIALE FURLONG

LEANDRO BUGONI

LUIZ EDUARDO MAIA NERY

MARCIA CARVALHO RODRIGUES

Editora da FURG

Campus Carreiros

CEP 96203 900 – Rio Grande – RS – Brasil

editora@furg.br

Integrante do PIDL

Editora Associada à



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DAS EDITORAS UNIVERSITÁRIAS



ASSOCIAÇÃO DAS EDITORAS
UNIVERSITÁRIAS DA REGIÃO SUL

Ronaldo Olivera Cavalli
(Organizador)

AQUICULTURA DO BEIJUPIRÁ
(*Rachycentron canadum*)
NO BRASIL



Rio Grande
2022

© Ronaldo Olivera Cavalli

2022

Designer da capa: Anael Macedo
Formatação e diagramação: Cinthia Pereira
Revisão ortográfica: Consultexto Consultoria de Texto
Rua Alfredo Coutinho, 74 – Recife, PE
www.consultexto.com.br

Ficha catalográfica

A656 Aquicultura do Beijupirá (*Rachycentron canadum*) no Brasil [Recurso Eletrônico] / Organizador Ronaldo Olivera Cavalli. – Rio Grande, RS : Ed. da FURG, 2022.
279 p. : il.

Modo de acesso: <http://repositorio.furg.br>
ISBN 978-65-5754-120-3 (eletrônico)

1. Criação de peixes 2. Psicultura 3. Pesca I. Cavalli, Ronaldo Olivera II. Título.

CDU 639.3.05

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos – CRB10/2344

Este livro é dedicado
à memória do Professor
Carlos Prentice-Hernández.

Agradecimentos

Um livro com 19 capítulos tratando de assuntos tão diversos obviamente não é resultado do esforço de uma só pessoa. Este não é exceção. Ele foi o resultado não só do compartilhamento de ideias e conhecimentos, mas também de infindáveis reuniões, milhares de mensagens de e-mail e muito, mas muito trabalho, rotina e suor. Muitas pessoas contribuíram para sua realização e é, portanto, nosso prazer de reconhecê-las. Assim, nosso muito obrigado a todos que, de uma forma ou de outra, auxiliaram na construção desta obra.

Em especial, agradecemos à Aqualíder Maricultura Ltda. pela doação de amostras para alguns dos estudos aqui descritos, e à equipe do projeto Cação de Escamas (Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE), pelo suporte técnico e doação de amostras de beijupirá.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto “Desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a criação do beijupirá no Brasil: nutrição, sanidade e recursos genéticos – (Proc. 559.759/2009-6)”, Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/MPA no. 36/2009, que contou com recursos disponibilizados pelo então Ministério da Aquicultura e Pesca (MPA), Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT e do Fundo Setorial do Agronegócio – CT/Agronegócio. Um agradecimento especial à equipe da Coordenação do Programa de Pesquisas Oceanográficas e Impactos Ambientais (COIAM) do CNPq, pelo constante apoio durante a coordenação dos projetos do Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio/MPA no. 36/2009.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo fomento do projeto “Desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a criação do beijupirá no Brasil”, Macroprograma 2 (Competitividade e Sustentabilidade).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento do projeto “Rede de cooperação para o aproveitamento integral do beijupirá”.

Sumário

Apresentação	09
Capítulo 1 Biologia e pesca do beijupirá	10
Capítulo 2 Produção de juvenis do beijupirá em cativeiro	21
Capítulo 3 Criação do beijupirá em gaiolas	35
Capítulo 4 Produção de beijupirá na região Sudeste do Brasil	66
Capítulo 5 Impacto ambiental da criação do beijupirá em gaiolas flutuantes na costa de Pernambuco	77
Capítulo 6 Nutrição e alimentação do beijupirá	94
Capítulo 7 Lesões histológicas em beijupirás provenientes de criações comerciais no Brasil ..	117
Capítulo 8 Doenças bacterianas que acometem o beijupirá	125
Capítulo 9 Sistema imune de teleósteos: desenvolvimento ontogênico e imunomarcação dos órgãos linfóides do beijupirá	138
Capítulo 10 Principais parasitoses em beijupirá	154
Capítulo 11 Controle de parasitose em alevinos de beijupirá	164
Capítulo 12 Viabilidade econômica da criação do beijupirá em gaiolas no Brasil	175
Capítulo 13 Variabilidade genética em pisciculturas do beijupirá no Brasil	188
Capítulo 14 Tecnologias de insensibilização e abate de peixes	197

Capítulo 15	
Desenvolvimento de um protocolo sensorial pelo método do índice de qualidade e estudo da vida de prateleira do beijupirá estocado em gelo	210
Capítulo 16	
Embalagens aplicadas ao beijupirá	224
Capítulo 17	
Subprodutos do processamento do beijupirá: potencial fonte de moléculas bioativas	235
Capítulo 18	
Rastreabilidade na cadeia produtiva do beijupirá	247
Capítulo 19	
Avaliação do mercado do beijupirá em Aracaju, Sergipe	264

APRESENTAÇÃO

Nas últimas décadas, a aquicultura, em especial a piscicultura marinha, tem experimentado um grande crescimento em todo o mundo. No Brasil, embora haja registros antigos da criação de peixes marinhos na região Nordeste, a atividade não contribuiu significativamente com a produção de pescado. Durante muitos anos, os esforços de pesquisa e desenvolvimento no Brasil estiveram direcionados às tainhas (*Mugil spp.*), ao robalo-peva (*Centropomus parallelus*) e ao linguado (*Paralichthys orbignyanus*), as quais, infelizmente, ainda não alcançaram um patamar de produção comercial. Com o desenvolvimento da tecnologia de criação e conseqüentemente da produção em larga escala do beijupirá (*Rachycentron canadum*) na Ásia, alguns produtores nacionais passaram a considerar essa espécie nativa do Brasil, inclusive com várias iniciativas de produção nas regiões Nordeste e Sudeste.

A despeito do potencial do beijupirá, os estudos científicos sobre a biologia e aquicultura dessa espécie ainda eram escassos no Brasil. Cientes dessa realidade, este livro representa o esforço de uma equipe de pesquisadores de disponibilizar o conhecimento científico e tecnológico adquirido durante as atividades da Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Piscicultura Marinha – REPIMAR, que contou com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do então Ministério da Aquicultura e Pesca (MPA), do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, do Fundo Setorial do Agronegócio – CT/Agronegócio e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Este livro é, portanto, fruto do esforço dos pesquisadores ligados à REPIMAR, uma rede formada em 2007 com o propósito de apoiar o desenvolvimento sustentável da piscicultura marinha com foco no aprimoramento dos sistemas de produção do beijupirá. Em um primeiro momento, a REPIMAR esteve composta por pesquisadores da UFRPE, UFPE, UFRB, USP, FIPERJ, UFLA, UFSC, FURG, Instituto de Pesca – SP e EMBRAPA. Posteriormente, colegas da UFPI, UFAL, UFMT, UFPR, UFT, UNIR, IFPB, Redemar Alevinos e CSIRO (Austrália) também passaram a colaborar.

Na concepção desse livro optamos por não nos limitarmos unicamente aos estudos desenvolvidos no âmbito da REPIMAR, mas também incorporar noções básicas relativas à biologia e às tecnologias de produção desse peixe em cativeiro como pano de fundo para o leitor não familiarizado com tais temas, além de estudos desenvolvidos por colegas paralelamente às ações da REPIMAR. Outros aspectos igualmente importantes para a sustentabilidade da atividade foram abordados. Entre estes destacamos os capítulos que tratam de impactos ambientais, sanidade, viabilidade econômica, variabilidade genética, tecnologias de abate, aproveitamento de subprodutos, rastreabilidade, desenvolvimento de embalagens e mercado.

Esta certamente não é uma obra definitiva, mas mais um passo no sentido de disponibilizar, em um só volume e em português, noções sobre a biologia e as tecnologias de produção do beijupirá. À medida que mais tempo e recursos forem dedicados na solução dos problemas existentes, e em outros que certamente surgirão, as tecnologias, sistemas e as noções aqui apresentadas e discutidas terão que ser modificadas e aperfeiçoadas.

Ronaldo Olivera Cavalli
Rio Grande, RS, 25 de março de 2019.

CAPÍTULO 1

BIOLOGIA E PESCA DO BEIJUPIRÁ¹

Santiago Hamilton
William Severi
Ronaldo Olivera Cavalli

A criação de peixes marinhos no Brasil provavelmente começou no século XVII, durante a ocupação holandesa em Pernambuco. Naquela época, robalos (ou camurins, gênero *Centropomus*), tainhas ou curimãs (*Mugil*) e carapebas (*Eugerres* e *Diapterus*) eram criados extensivamente em viveiros de maré ou “gambôas artificiaes”, como descrito por Ihering (1932). Segundo Schubart (1936), na década de 1930 o Estado de Pernambuco produzia 25 t de peixes por ano em 280 viveiros, os quais totalizavam uma área de aproximadamente 43 ha. Apesar desse início promissor, a piscicultura marinha ainda não é uma realidade em nível comercial no nosso país, tendo se limitado quase que exclusivamente às iniciativas de pesquisa (BALDISSEROTTO, 2020). Até recentemente, somente o robalo-peva (*Centropomus parallelus*) e o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) vinham sendo sistematicamente estudados (CERQUEIRA, 2005; BIANCHINI *et al.*, 2005, respectivamente). Segundo Cavalli e Hamilton (2007), outras espécies de peixe que foram e/ou vêm sendo estudadas, porém com menor intensidade, incluem as tainhas (*Mugil liza*), os lutjanídeos (*Lutjanus analis* e *L. synagris*), a garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*), o pampo (*Trachinotus marginatus*), o peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) e, mais recentemente, o beijupirá (*Rachycentron canadum*). Esta última, atualmente, com algumas iniciativas de criação ao longo da costa brasileira.

O beijupirá vem sendo indicado para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil devido a várias características propícias para a criação, dentre as quais o rápido crescimento, podendo alcançar cerca de 6 kg em um ano de criação (ARNOLD *et al.*, 2002); as tecnologias de reprodução e larvicultura dominadas, por causa do desenvolvimento da criação em outros países, como Taiwan e China (LIAO; LEAÑO, 2007); e a carne de excelente qualidade (CRAIG *et al.*, 2006). Contudo, a espécie não tem recebido, no Brasil, a devida atenção no que concerne a aspectos fundamentais da sua biologia e ecologia. Analisando as publicações científicas disponíveis através do portal da Capes (www.periodicos.capes.gov.br), tais como *Web of Knowledge* (<http://webofknowledge.com/>) e *Scielo* (www.scielo.br), encontram-se apenas três citações de trabalhos realizados no Brasil, um que descreve a ocorrência da espécie na Baía de Todos os Santos, Bahia (LOPES *et al.*, 2001), outro que aborda a interação entre o beijupirá e o mero (*Epinephelus itajara*) na costa do Paraná (FELIX; HACKRADT, 2008) e o último que trata do hábito alimentar na costa de Pernambuco (HAMILTON *et al.*, 2019). No que diz respeito a estudos realizados no Brasil e com temas relacionados à aquicultura, são encontradas mais referências (SANCHES *et al.*, 2008, 2013; CAVALLI; 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; DOMINGUES *et al.*, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2014; PEREGRINO JR *et al.*, 2014; PEDROSA *et al.*, 2015; BEZERRA *et al.*, 2016; PEDRON *et al.*, 2016; COSTA-BOMFIM *et al.*, 2017; LANDUCI *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020).

¹ Este capítulo é uma versão adaptada e atualizada de HAMILTON, S.; SEVERI, W.; CAVALLI, R.O. Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 4, p. 461-477, 2013.

Diante da importância que vem sendo dada à espécie, como candidata potencial para a piscicultura marinha no Brasil e pelo fato de se conhecer muito pouco sobre a sua biologia no País, no presente capítulo apresentamos uma sinopse da biologia e da pesca do beijupirá no Brasil e no mundo, com base nas informações disponíveis na literatura científica.

SISTEMÁTICA

O beijupirá (*Rachycentron canadum*) (Jordan, 1905) foi descrito, inicialmente, por Linnaeus, em 1766, como *Gasterosteus canadus*. Pertence à classe dos peixes ósseos (Actinopterygii), 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 sinônimas, tais como *Scomber niger* (Bloch, 1793), *Centronotus spinosus* (Mitchill, 1815), *Rachycentron typus* (Kaup, 1826), *Naucrates niger* (Cuvier, 1829) e *Elacate atlantica* (Cuvier e Valenciennes, 1831), entre outras (GILL, 1895). A seguir, apresentamos a sua classificação taxonômica (NELSON, 2006):

Filo: Chordata

Superclasse: Gnathostomata

Classe: Actinopteri

Subclasse: Neopterygii

Infraclasse: Teleostei

Ordem: Perciformes

Subordem: Percoidei

Família: Rachycentridae

Gênero: *Rachycentron* Kaup, 1826.

NOMES COMUNS

No Brasil, é comumente conhecido pelo nome de beijupirá (FIGUEIREDO; MENEZES, 1980) e por outros nomes comuns ao longo da costa brasileira, como, por exemplo, beijupirá, pirambiju e cação-de-escamas, como é chamado por pescadores artesanais da Região Nordeste devido à grande semelhança com os tubarões em idade adulta (CARVALHO-FILHO, 1999).

Os nomes comuns do beijupirá são cobia, em inglês; mafou, em francês; e cobia, em espanhol; sendo CBA o seu código de 3 letras (FAO, 2016). Apesar de ser popularmente conhecida por cobia na língua inglesa, a espécie também recebe outros nomes, tais como lemonfish, ling (CAYLOR *et al.*, 1994), crabeater (BRIGGS, 1960), sergeantfish, cabio (KNAPP, 1951) e black kingfish (BIANCHI, 1985).

DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Segundo Figueiredo e Menezes (1980), o beijupirá apresenta de 7 a 9 espinhos curtos (geralmente 8) na primeira nadadeira dorsal, os quais se encontram isolados – não conectados por membrana. A segunda nadadeira dorsal possui de 27 a 33 raios, e a anal possui 2 espinhos e entre 23 e 27 raios (COLLETE, 2002). Na parte superior, 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-escura no dorso e nas laterais, apresentando duas faixas longitudinais bem definidas nos flancos, de coloração prata. Na porção ventral do corpo, a coloração é clara, mas as nadadeiras são escuras (Figura 1.1). As escamas são pequenas e profundamente implantadas na pele. A boca é grande, a mandíbula inferior protrátil e apresenta dentes aciculares na maxila, mandíbula, palato e língua (FIGUEIREDO; MENEZES, 1980; COLLETE, 2002).

Figura 1.1 – Exemplar de beijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Santiago Hamilton.

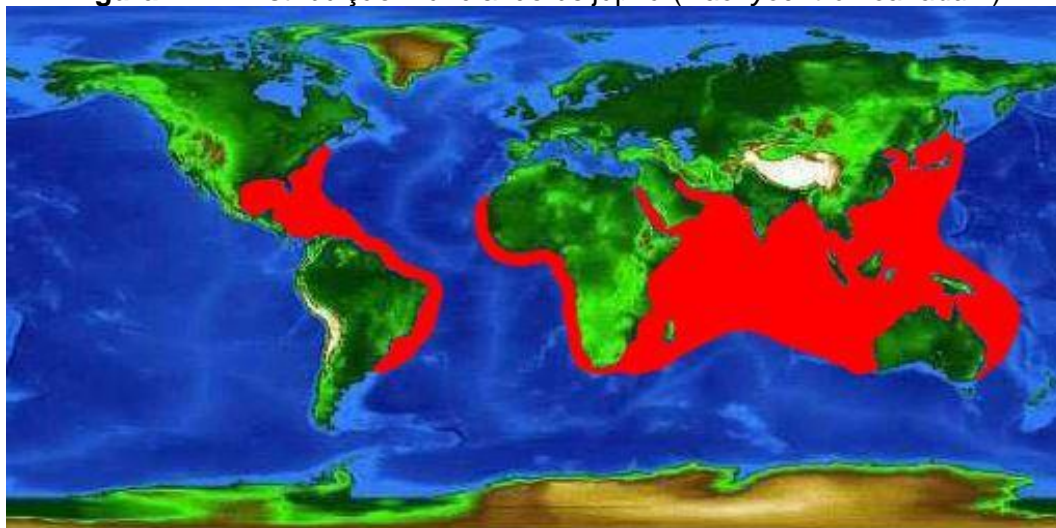
Apesar de, quando jovem, apresentar aparência similar às rêmoras (família Echeneidae), o beijupirá tem maior similaridade morfológica larval com o dourado (família Coryphaenidae), principalmente devido ao idêntico padrão de espinhos da cabeça, sendo estes ausentes nas larvas de equeneídeos (JOHNSON, 1984).

O beijupirá pode alcançar comprimento máximo de 200 cm no ambiente natural. Entretanto, exemplares medindo cerca de 110 cm, com peso médio próximo aos 10 kg, são mais comuns. O peso máximo registrado para um exemplar capturado foi 61,5 kg, em 1985, no oeste da Austrália (COLLETE, 2002), e 62,2 kg no nordeste do Golfo do México (FRANKS *et al.*, 1999).

DISTRIBUIÇÃO E HÁBITAT

O beijupirá é uma espécie circuntropical (BRIGGS, 1960), distribuindo-se em águas tropicais e subtropicais de todos os oceanos, exceto na porção leste do Oceano Pacífico (BRIGGS, 1960; SHAFFER; NAKAMURA, 1989) (Figura 1.2). No Atlântico ocidental, estende-se de Massachusetts (EUA) à Argentina (FIGUEIREDO; MENEZES, 1980), entre as latitudes de 42°N e 35°S. Segundo Shaffer e Nakamura (1989), a distribuição da espécie é muito afetada pela temperatura da água, estando a sua ocorrência nas porções mais frias dos oceanos limitada aos meses mais quentes do ano (*i.e.*, verão).

Figura 1.2 – Distribuição mundial do beijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Florida Museum of Natural History, EUA.

O beijupirá é uma espécie costeira (BRIGGS, 1960), nerítica (BROWN-PETERSON *et al.*, 2001), distribuindo-se sobre a plataforma continental, da superfície a 150 m de profundidade. Em geral, o beijupirá pode ser encontrado sobre fundos recobertos

por lama, rochas, areia e cascalho, ou, ainda, em ambientes de recife de corais e estuários (SHAFFER; NAKAMURA, 1989). Vivem isolados ou formando pequenos grupos de 5 a 10 peixes (CARVALHO-FILHO, 1999). São comumente encontrados próximos a naufrágios, boias, plataformas de petróleo ou a objetos à deriva, sendo frequentemente vistos nadando juntamente com tartarugas e raias (GRANT; FERREL, 1993; CARVALHO-FILHO, 1999), com as quais apresentam associação e provavelmente se aproveitam da suspensão do sedimento, por parte das raias, para alimentar-se de organismos demersais ou bentônicos (SMITH; MERRINER, 1982). Grant e Ferrel (1993) sugerem que o beijupirá poderia se aproveitar não somente dos restos da alimentação, mas, ao se manter próximo às tartarugas, também se aproveitaria de uma maior facilidade para nadar, o que esses autores chamaram de vantagem hidrodinâmica.

A faixa de temperatura ideal para o beijupirá se situa entre 22 e 32°C (CHANG, 2003), o que é confirmado por Miao *et al.* (2005). Esses autores verificaram uma diminuição no crescimento e altas taxas de mortalidades quando a temperatura da água alcança valores abaixo de 16°C, durante a criação em Taiwan. Sun *et al.* (2006) investigaram o crescimento e o metabolismo energético de juvenis de beijupirá, com peso médio de 22 g, nas temperaturas de 23°C, 27°C, 31°C e 35°C, e observaram que tanto a taxa de crescimento quanto a eficiência de conversão alimentar foram maiores entre 27 e 29°C, faixa de temperatura que poderia ser considerada como ótima para o crescimento da espécie. Sun *et al.* (2006) concluíram, ainda, que, dentro do espectro de temperaturas testadas (de 23 a 35°C), as mais baixas seriam mais adequadas para juvenis de beijupirá que as mais altas.

BIOLOGIA

Hábito alimentar

O beijupirá é uma espécie carnívora voraz. Knapp (1951) encontrou diversos itens alimentares ao analisar o estômago de 29 exemplares de beijupirá capturados na costa do Texas, EUA. Esse autor destacou a voracidade da espécie, uma vez que 24 estômagos (83%) continham alimento, e a sua preferência por peixes, tanto de hábitos demersais como pelágicos, embora aparentemente haja predileção pelos primeiros. Darracott (1977), ao analisar exemplares capturados no Oceano Índico, verificou a preferência do beijupirá por crustáceos, já que estes organismos foram encontrados em 100% dos estômagos que continham alimento, enquanto a frequência de ocorrência de peixes e moluscos foi 50% e 23%, respectivamente. Esse autor sugere, ainda, que o aumento na disponibilidade da espécie em agosto esteja relacionado com a disponibilidade de caranguejos durante a sua migração. Em estudo sobre a fauna de peixes recifais no Oceano Índico ocidental, Randall (1967) constatou que o beijupirá é um peixe raramente capturado, sendo que o conteúdo estomacal do único exemplar obtido era composto por duas espécies de peixe do gênero *Lactophrys* (família Ostraciidae).

Em estudos mais recentes, Franks *et al.* (1996) descreveram a alimentação de juvenis no norte do Golfo do México, nos Estados Unidos, indicando os peixes ósseos, crustáceos e cefalópodes como os principais itens nessa fase de desenvolvimento. Os adultos apresentaram hábito diferenciado dos juvenis, alimentando-se, principalmente, de crustáceos da família Portunidae (MEYER; FRANKS, 1996), resultado similar ao encontrado na Baía de Chesapeake, nos Estados Unidos, onde os dois principais itens foram também dois crustáceos da família Portunidae, *Callinectes sapidus* e *Ovalipes ocellatus* (ARENDRT *et al.*, 2001).

Em estudo realizado na Costa de Cochim, oeste da Índia, Ganga *et al.* (2012) encontraram a dominância de peixes da família Balistidae na dieta da espécie, seguida pelos camarões e caranguejos. Também na Índia, na Costa de Karnataka, Rohit e Bhat (2012) definiram o beijupirá como um predador carnívoro generalista não seletivo que se alimenta de organismos pelágicos e bentônicos, sendo a dieta composta principalmente de peixes, crustáceos e moluscos.

No Brasil, na Baía de Todos os Santos, Lopes *et al.* (2001) analisaram o conteúdo estomacal de três juvenis e verificaram a preferência por crustáceos decápodes. Na costa de Pernambuco, os peixes ósseos foram o principal item alimentar da espécie (índice de importância relativa – IIR = 98,7%), sendo *Holocentrus adscensionis* e *Diodon* sp. as presas mais consumidas (HAMILTON *et al.*, 2019). No único estudo que aborda a alimentação natural de larvas, Hassler e Rainville (1975) obtiveram sucesso ao alimentar larvas de beijupirá em laboratório utilizando zooplâncton coletado, composto principalmente por copépodes.

Reprodução

A maioria dos estudos sobre a reprodução do beijupirá no ambiente natural foi realizada no Golfo do México (BIESIOT *et al.*, 1994; LOTZ *et al.*, 1996; BROWN-PETERSON *et al.*, 2001). O estudo de Lotz *et al.* (1996), por exemplo, fornece evidências de que o beijupirá realiza desovas múltiplas ao longo da temporada reprodutiva, a qual, no Hemisfério Norte, se estenderia de abril a setembro. Biesiot *et al.* (1994) descreveram as mudanças bioquímicas nas gônadas em desenvolvimento de fêmeas dessa mesma região e, da mesma forma que Brown-Peterson *et al.* (2001), confirmaram que a atividade reprodutiva dessa espécie na costa sul dos Estados Unidos ocorre durante a primavera e o verão. Há evidências, porém, de que uma parcela significativa das fêmeas concentraria as desovas no início do período reprodutivo, entre maio e julho, quando são verificados índices gonadossomáticos (IGS) mais elevados (BROWN-PETERSON *et al.*, 2001). Todavia, no Hemisfério Sul, verifica-se um padrão similar, com o período de desova se estendendo de setembro a junho, sendo os maiores valores de IGS encontrados entre outubro e dezembro, correspondendo ao final da primavera e início do verão (VELDE *et al.*, 2010).

Os ovos e as larvas do beijupirá são planctônicos. Segundo Carvalho-Filho (1999), larvas de 1,5 cm foram encontradas, no Brasil, a mais de 30 milhas da costa, evidenciando a migração para águas abertas para a reprodução. Posteriormente, acredita-se que os jovens migrem para águas costeiras onde são encontrados exemplares medindo cerca de 14 cm, sugerindo que a espécie migra da zona de desova, em águas mais abertas, para a costa, à medida que cresce. Entretanto, a presença de ovos, com diâmetro médio de 1,27 mm, nas imediações da Baía de Chesapeake, EUA, indica que a reprodução da espécie ocorre em áreas próximas à desembocadura da baía (JOSEPH *et al.*, 1964). Por outro lado, Lefebvre e Denson (2012) sugerem que a desova ocorra dentro de estuários na Carolina do Sul, EUA, uma vez que foram encontradas fêmeas maduras dentro do estuário e ovos e larvas da espécie entre 10 e 15 km acima da desembocadura dos estuários estudados.

Os machos de beijupirá atingem a maturidade com um tamanho menor que o das fêmeas. Richards (1967) reporta, em estudo realizado na Baía de Chesapeake, EUA, que os machos alcançaram a maturidade no segundo ano de vida, com comprimento furcal (CF) de 51,8 cm e peso de 1,14 kg, enquanto as fêmeas somente a alcançaram aos três anos, com 69,6 cm de CF e 3,27 kg de peso. Por outro lado, Rajan *et al.* (1968), em estudo realizado na Índia, coletaram uma fêmea de 42,6 cm de comprimento total (CT), com ovários no terceiro estágio de maturação. Velde *et al.* (2010) estimaram o tamanho médio de primeira maturação (L50) para fêmeas em 78,4 cm de CF.

Em cativeiro, a desova espontânea do beijupirá a partir de juvenis ou adultos capturados no ambiente natural vem sendo prática rotineira (PEREGRINO JR *et al.*, 2014). Ultimamente, porém, a indução hormonal de indivíduos adultos mantidos em cativeiro também vem sendo utilizada (NHU *et al.*, 2011). Mais informações sobre a indução à desova do beijupirá podem ser obtidas no Capítulo 2 deste volume.

Fêmeas com peso médio de 10 kg produzem uma média de 1,8 milhão de ovócitos por desova (BROWN-PETERSON *et al.*, 2001; ARNOLD *et al.* 2002) e, dependendo de seu tamanho, podem ser produzidos de 400 mil a 5 milhões de ovócitos por desova (LOTZ *et al.*, 1996; BROWN-PETERSON *et al.*, 2001). Velde *et al.* (2010)

estimaram a fecundidade média em 2.877.669 ovócitos, enquanto Ganga *et al.* (2012) citam valores de 1.237.545 ovócitos, e Peregrino Jr *et al.* (2014) relatam 2.436.238 ovos.

O beijupirá possui ovos planctônicos (CARVALHO-FILHO, 1999) e esféricos (diâmetro de 1,2 a 1,4 mm), fortemente pigmentados e que eclodem em 24 h quando mantidos a 29°C, com larvas medindo cerca de 2,5 mm de comprimento-padrão (DITTY; SHAW, 1992). Os ovos fertilizados são livres, transparentes e flutuantes (LEFEBVRE; DENSON, 2012).

No Brasil, apesar do enorme interesse na aquicultura dessa espécie, inclusive com iniciativas do setor privado, poucos estudos científicos foram realizados sobre a sua reprodução em cativeiro (PEREGRINO JR *et al.*, 2014). As iniciativas do setor privado, porém, resultaram na obtenção de desovas fertilizadas a partir de exemplares selvagens mantidos em cativeiro, o que ocorreu na Bahia, em 2006; em Pernambuco, em 2007; e, posteriormente, em São Paulo e no Rio Grande do Norte, em 2008 (HAMILTON *et al.*, 2013).

Idade e crescimento

Apesar de a espécie não apresentar dimorfismo sexual externo evidente, as fêmeas apresentam crescimento mais acelerado que os machos no ambiente natural, alcançando também maior comprimento máximo. Franks *et al.* (1999), em estudo realizado com indivíduos capturados na região nordeste do Golfo do México, encontraram maiores CF para as fêmeas (1,651 cm) que para os machos (1,45 cm). Os mesmos autores encontraram, ainda, diferenças significativas entre a distribuição de frequência de comprimento entre fêmeas e machos, sendo as fêmeas significativamente maiores que os machos, com 85% dos indivíduos com comprimento acima de 1,0 cm representados por fêmeas. Esse mesmo padrão foi encontrado em outros estudos (RICHARDS, 1967; SMITH, 1995). Thompson *et al.* (1992) destacam que, embora as fêmeas tenham sido ligeiramente maiores que os machos em seu estudo, o contraste dos tamanhos não foi tão aparente quanto o indicado por Richards (1967).

Fry e Griffiths (2010) estimaram a idade máxima de amostras coletadas na Austrália em 7 anos, enquanto, em estudo realizado no Golfo do México, os indivíduos mais velhos tiveram a idade estimada em 9 e 11 anos, para machos e fêmeas, respectivamente (FRANKS *et al.*, 1999).

A análise da regressão linear da relação peso-comprimento indica que o crescimento do beijupirá é isométrico, não havendo diferença aparente entre os sexos (DARRACOT, 1977). O coeficiente de crescimento de Von Bertalanffy (k) foi mais elevado para os machos (0,37) que para as fêmeas (0,24), enquanto o comprimento assintótico (L_{∞}) foi maior para as fêmeas (135 cm) que para os machos (105 cm) (SMITH, 1995).

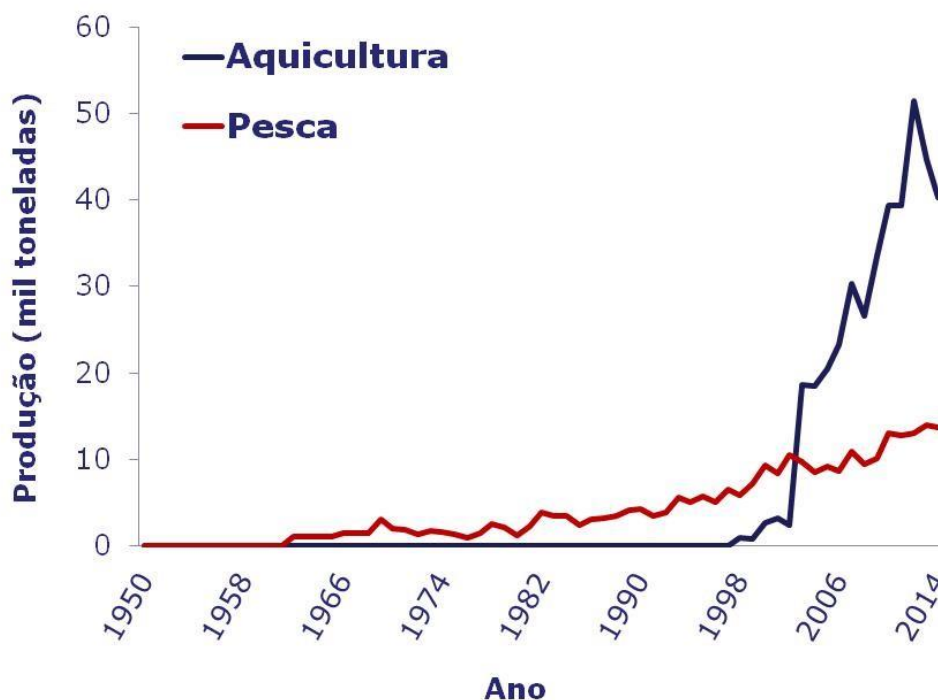
PESCA

Apesar de ser considerado um peixe com carne de excelente qualidade, o beijupirá é uma espécie pouco encontrada no comércio devido à dificuldade na sua captura. Por um lado, isso ocorre por se tratar de uma espécie rara e que forma pequenos cardumes, como citado anteriormente, e, por outro, pelo seu hábito migratório, o que o torna presa difícil para os pescadores artesanais. A captura do beijupirá, portanto, normalmente ocorre de forma acidental, não havendo uma pesca específica voltada para a espécie. Talvez por causa dessa dificuldade em capturá-lo, o beijupirá seja muito apreciado na pesca esportiva (com vara), enquanto na caça submarina é presa fácil por se aproximar lentamente do mergulhador (PEREGRINO JR, com. pessoal).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO, 2020), a captura mundial da espécie em 2018 foi de 15.832 t, enquanto a produção por aquicultura foi estimada em 43.706 t (Figura 1.3). Os principais países produtores aquícolas são China, Panamá, Vietnã e Taiwan.

Em termos de pesca, o Irã foi o maior produtor, com 5.267 t. O Brasil ocupa o sexto lugar, com apenas 880 t (FAO, 2020), o que representa aproximadamente 0,2% do total de peixes marinhos pescados no País, que, em 2011, foi de 553.670 t (BRASIL, 2012). Na costa de Karnataka, Índia, ocorre uma situação similar, sendo a captura média anual de beijupirá estimada em 302 t, correspondendo a apenas 0,1% da pesca daquela região (ROHIT; BHAT, 2012).

Figura 1.3 – Produção mundial da pesca e aquicultura de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no período de 1950 a 2018



Fonte: FAO, 2020

De acordo com os dados estatísticos de pesca marítima do Brasil (BRASIL, 2006), o beijupirá é capturado por embarcações de pequeno e médio porte, principalmente com rede de emalhar, espinhel e linha de mão. A espécie também é capturada durante atividades recreativas de caça submarina, capturas estas que, normalmente, não são incluídas nas estatísticas oficiais, sugerindo que sua pesca efetiva seja superior à registrada pelos órgãos oficiais. No Brasil, em 2007, os principais estados produtores foram Pará, Ceará e Bahia, com 322, 224 e 71 t, respectivamente (BRASIL, 2007).

Nos Estados Unidos, são aplicadas medidas de manejo, sendo permitidas apenas capturas de exemplares acima de 83,8 cm de comprimento furcal (SHAFFER; NAKAMURA, 1989), enquanto na Austrália o tamanho mínimo de captura é de 75 cm de comprimento total (CT), embora Fry e Griffiths (2010) recomendem o aumento do comprimento mínimo de captura para 85 cm CT. No Brasil, diferentemente dos países citados, não há nenhuma medida de manejo aplicada à espécie.

REFERÊNCIAS

- ARENDRT, M.D.; OLNEY, J.E.; LUCY, J.A. Stomach content analysis of cobia, *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay. **Fishery Bulletin**, v. 99, p. 665-670, 2001.
- ARNOLD, C.R.; KAISER, J.B.; HOLT, G.J. Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, p. 205-208, 2002.
- BALDISSEROTTO, B. Produção de peixes nativos no Brasil nos últimos anos e perspectivas. In BALDISSEROTTO, B. (Ed.). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2020. p. 11-15, 2020.

- BEZERRA, T.R.Q. *et al.* Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. **Aquaculture International**, v. 24, p. 609-622, 2016.
- BIANCHI, G. **FAO species identification sheets for fishery purposes. Field guide to the commercial marine and brackish-water species of Pakistan**. Roma: FAO. 1985. 200p.
- BIANCHINI, A.; ROBALDO, R.B.; SAMPAIO, L.A. Cultivo do linguado, *Paralichthys orbignyanus*. In BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Ed.). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005. p. 445-470, 2005.
- BIESIOT, P.M.; CAYLOR, R.M.; FRANKS, J.S. Biochemical and histological changes during ovarian development of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 92, p. 686-696, 1994.
- BRASIL. **Monitoramento da atividade pesqueira no litoral do Brasil**. Relatório Técnico. Fundação PROZEE, SEAP/PR e IBAMA. Tamandaré, PE. 2006. 328 p.
- BRASIL. **Estatística da pesca 2007 – Brasil**. Coordenação-Geral de Gestão de Recursos Pesqueiros, IBAMA, Brasília. 2007. 108p.
- BRASIL. **Boletim estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2010**. Ministério da Pesca e Aquicultura. Brasília. 2012. 128p.
- BRIGGS, J.C. Fishes of worldwide (Circumtropical) distribution. **Copeia**, v. 1960, p. 171-180, 1960.
- BROWN-PETERSON, N.J. *et al.* Reproductive biology of cobia, *Rachycentron canadum*, from coastal waters of the southern United States. **Fishery Bulletin**, v. 99, p. 15-28, 2001.
- CARVALHO FILHO, A. **Peixes: Costa brasileira**. 3ª Edição. Ed. Melro, São Paulo. 1999. 320 p.
- CAVALLI, R.O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil – Afinal, quais as espécies boas para cultivar? **Panorama da Aqüicultura**, v. 17, n. 104, p. 50-55, 2007.
- CAVALLI, R.O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 6, p. 64-69, 2009.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes marinhos em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 151-164, 2011.
- CAYLOR, R.E., BIESIOT, P.M., FRANKS, J.S. 1994. Culture of cobia (*Rachycentron canadum*): cryopreservation of sperm and induced spawning. **Aquaculture**, v. 125, p. 81-92, 1994.
- CERQUEIRA, V.R. Cultivo do robalo-peva, *Centropomus parallelus*. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Ed.). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005. p. 403-431.
- CHANG, D. O cultivo do beijupirá em Taiwan: a escolha de um peixe de carne branca para consumidores exigentes. **Panorama da Aqüicultura**, v. 13, n. 79, p. 43-49, 2003.
- COLLETE, B.B. Rachycentridae. Cobia. In CARPENTER, K.E. **FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the western central Atlantic**. v. 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. Rome: FAO. 2002. p. 1420-1421.
- COSTA-BOMFIM, C.N. *et al.* Growth, feed efficiency and body composition of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) fed increasing dietary levels of shrimp protein hydrolysate. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 1759-1766, 2017.
- CRAIG, S.R.; SCHWARZ, M.H.; McLEAN, E. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. **Aquaculture**, v. 261, p. 384-391, 2006.
- DARRACOTT, A. Availability, morphometrics, feeding and breeding activity in a multispecies, demersal fish stock of the western Indian Ocean. **Journal of Fish Biology**, v. 10, p. 1-16, 1977.
- DITTY, J.G.; SHAW, R.F. Larval development, distribution, and ecology of cobia *Rachycentron canadum* (Family Rachycentridae) in the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 90, p. 668-677, 1992.
- DOMINGUES, E.C. *et al.* Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, p. 237-249, 2014.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Cultured aquatic species information program: *Rachycentron canadum***. 2016. Disponível em: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rachycentron_canadum/en. Acesso em 20.08.2020.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Fishery and Aquaculture Statistics. 1950-2018 (FishstatJ)**. In FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2020. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- FELIX, F.C.; HACKRADT, C.W. Interaction between *Rachycentron canadum* and *Epinephelus itajara*, on the Paraná coast, Brasil. **Coral Reefs**, v. 27, p. 633, 2008.
- FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. São Paulo: Museu de Zoologia/USP. 1980. 90p.
- FRANKS, J.S.; GARBER, N.M.; WARREN, J.R. Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 94, p. 374-380, 1996.
- FRANKS, J.S., WARREN, J.R.; BUCHANAN, M.V. Age and growth of cobia, *Rachycentron canadum*, from the northeastern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 97, p. 459-471, 1999.
- FRY, G.C.; GRIFFITHS, S.P. Population dynamics and stock status of cobia, *Rachycentron canadum*, caught in Australian recreational and commercial coastal fisheries. **Fisheries Management and Ecology**, v. 17, p. 231-239, 2010.
- GANGA, U. *et al.* Population dynamics of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) off Cochin coast, south-eastern Arabian Sea. **Indian Journal of Fisheries**, v. 59, p. 15-20, 2012.
- GILL, T. The nomenclature of *Rachicentron* or *Elacate*, a genus of acanthopterygian fishes. **Proceedings of the United States National Museum**, v. 18, p. 217-219, 1895.
- GRANT, G.S.; FERREL, D. Leatherback turtle, *Dermochelys coriacea* (Reptilia: Dermochelidae): Notes on near-shore feeding behavior and association with cobia. **Brimleyana**, v. 19, p. 77-81, 1993.
- GUERRA-SANTOS, B. *et al.* Parâmetros hematológicos e alterações histopatológicas em beijupirá (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) com amyloodiniose. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, p. 1184-1190, 2012.
- HAMILTON, S.; SEVERI, W.; CAVALLI, R.O. Biologia e aquicultura do beijupirá: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, p. 461-477, 2013.
- HAMILTON, S. *et al.* Feeding habits of cobia in Pernambuco, northeastern Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45. n. 1, e.379, 2019.
- HASSLER, W. W.; RAINVILLE, R. P. **Techniques for hatching and rearing cobia, *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages**. Sea Grant Program Publication UNC-SG-75-30. University of North Carolina: Raleigh, USA. 1975. 26 pp.
- IHERING, R. Criação de peixes em viveiros no Recife. **Boletim da Secretaria da Agricultura, Indústria e Viação do Estado de Pernambuco**, v. 1, p. 35-40, 1932.
- JOHNSON, G.D. Percoidei: Development and relationships. In **Ontogeny and systematics of Fishes**. MOSER, H.G. *et al.* (Eds). American Society of Ichthyologists and Herpetologists – Special Publication, v. 1, p. 464-498, 1984.
- JOSEPH, E.B.; NORCROSS, J.J.; MASSMANN, W.H. Spawning of the cobia, *Rachycentron canadum*, in the Chesapeake Bay area, with observations of juvenile specimens. **Chesapeake Science**, v. 5, p. 67-71, 1964.
- KERBER, C.E. *et al.* First record of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in sea-farmed cobia (*Rachycentron canadum*) in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, p. 331-333, 2011.
- KNAPP, F.T. Food habits of the sergeantfish, *Rachycentron canadus*. **Copeia**, v. 1951, p. 101-102, 1951.
- LANDUCI, F. *et al.* Common moist diet replacement to promote sustainable cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus) near-shore farming in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 76, n. 2, p. 139-147, 2019.
- LEFEBVRE, L.S.; DENSON, M.R. Inshore spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in South Carolina. **Fishery Bulletin**, v. 110, p. 397-412, 2012.
- LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Taipei: Asian Fisheries Society. 2007. 178p.
- LIMA, L.S. *et al.* Impact of cage farming of cobia (*Rachycentron canadum*) on the benthic macrofauna in a tropical region. **Aquaculture**, v. 512, p. 734314, 2019.
- LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T.; SENA, M.P. Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 1, p. 56-59, 2001.

- LOTZ, J. M.; OVERSTREET, R.M.; FRANKS, J.S. Gonadal maturation in the cobia, *Rachycentron canadum*, from the north-central Gulf of Mexico. **Gulf Research Reports**, v. 9, p. 147-159, 1996.
- MEYER, G.H.; FRANKS, J.S. Food of cobia *Rachycentron canadum* from the northcentral Gulf of Mexico. **Gulf Research Report**, v. 9, p. 161-167, 1996.
- MIAO, S. *et al.* Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. **Aquaculture International**, v. 17, p. 125-141, 2009.
- MOREIRA, C.B. *et al.* Outbreak of mortality among cage-reared cobia (*Rachycentron canadum*) associated with parasitism. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 22, p. 588-591, 2013.
- NASCIMENTO, D.L. *et al.* Bactérias potencialmente patogênicas isoladas de beijupirá (*Rachycentron canadum*) cultivadas em sistema *offshore*. **Medicina Veterinária**, v. 8, p. 12-21, 2014.
- NELSON, J.S. Fishes of the world. 4th ed. Hoboken, John Wiley & Sons. 2006. 601p.
- NHU, V.C. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. **Aquaculture**, v. 315, p. 20-25, 2011.
- PEDRON, J.S. *et al.* Stress response in transport of juvenile cobia *Rachycentron canadum* using the anesthetic benzocaine. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 44, p. 638-642, 2016.
- PEDROSA, V.F. *et al.* Hiperplasia em túnicas de artérias coronárias de beijupirás criados em sistema *offshore*. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 747-754, 2015.
- PEREGRINO JR, R.B. *et al.* Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 681-687, 2014.
- RANDALL, J.E. Food habits of reef fishes of the West Indies. **Studies in Tropical Oceanography**, v. 5, p. 665-847, 1967.
- RAJAN, S., PATNAIK, S.; BASU, N.C. New records of fishes from the Chilka. **Journal of the Zoology Society of India**, v. 20, p. 80-93, 1968.
- RICHARDS, C.E. Age, growth and fecundity of the cobia, *Rachycentron canadum*, from Chesapeake Bay and adjacent Mid-Atlantic waters. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 96, p. 343-350, 1967.
- ROHIT, P.; BHAT, U.S. Fishery and diet composition of the cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) exploited along Karnataka coast. **Indian Journal of Fisheries**, v. 59, p. 61-65, 2012.
- SAMPAIO, L.A.N.; TESSER, M.B.; WASIELESKY JR, W. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 102-111, 2010.
- SAMPAIO, L.A. *et al.* Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 832-834, 2011.
- SANCHES, E.G. *et al.* Viabilidade econômica do cultivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema *offshore*. **Informações Econômicas**, v. 38, p. 42-51, 2008.
- SANCHES, E.G.; TOSTA, G.A.M.; SOUZA-FILHO, J.J. Viabilidade econômica da produção de formas jovens de beijupirá (*Rachycentron canadum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, p. 15-26, 2013.
- SCHUBART, O. Investigações sobre os viveiros do Recife. **Boletim da Secretaria de Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de Pernambuco**, v. 1, p. 153-176, 1936.
- SHAFFER, R.V., NAKAMURA, E.L. **Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae)**. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., USA. 1989. 20p.
- SILVA, A.C. *et al.* First record of *Tuxophorus caligoides* (Siphonostomatoida, Tuxophoridae) in sea-farmed cobia, *Rachycentron canadum*, in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 21, p. 412-423, 2012.
- SILVA, V. A. *et al.* Effects of rearing density on growth, physiological responses and flesh quality in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, p. e20201497, 2020.
- SMITH, J.W. Life history of cobia, *Rachycentron canadum* (Osteichthyes: Rachycentridae), in North Carolina Waters. **Brimleyana**, v. 23, p. 1-23, 1995.
- SMITH, J.W.; MERRINER, J.V. Association of cobia, *Rachycentron canadum*, with cownose ray, *Rhinoptera bonasus*. **Estuaries**, v. 5, p. 240-242, 1982.

SUN, L.; CHEN, H.; HUANG, L. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 261, p. 872-878, 2006.

THOMPSON, B.A *et al.* **Age, growth and reproductive biology of greater amberjack and cobia from Louisiana Waters**. Final report to U.S. Department of Commerce, Marine Fisheries Initiative Program, NMFS, St. Petersburg, 1982. 77p.

VELDE, T.D.; GRIFFITHS, S.P.; FRY, G.C. Reproductive biology of the commercially and recreationally important cobia *Rachycentron canadum* in northeastern Australia. **Fishery Science**, v. 76, p. 33-43, 2010.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DE JUVENIS DO BEIJUPIRÁ EM CATIVEIRO

Ronaldo Olivera Cavalli
Santiago Hamilton

Apesar de a aquicultura do beijupirá (*Rachycentron canadum*) ter iniciado nos anos 1990 em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004), ela ainda é considerada uma atividade relativamente recente no cenário mundial (HOLT *et al.*, 2007a; HAMILTON *et al.*, 2013). Em vista disso, ainda existem várias lacunas de conhecimento que necessitam ser preenchidas. A produção limitada e inconsistente de ovos e juvenis de qualidade e a ausência de laboratórios de produção de juvenis com esquemas de biossegurança e com a devida diversidade genética estão entre os principais problemas elencados por Holt *et al.* (2007a). Apesar do interesse crescente na aquicultura do beijupirá, estudos que tratem da produção de juvenis em cativeiro, etapa fundamental no estabelecimento da cadeia produtiva, são ainda relativamente escassos, especialmente no Brasil. Este capítulo apresenta uma sinopse do conhecimento sobre a reprodução em cativeiro e larvicultura dessa espécie. Aspectos da biologia da reprodução são apresentados no Capítulo 1.

REPRODUÇÃO

O plantel de reprodutores de beijupirá pode ser formado a partir da captura de indivíduos adultos selvagens, como realizado inicialmente em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004) e, posteriormente, no sul dos EUA (ARNOLD *et al.*, 2002; HOLT *et al.*, 2007b; WEIRICH *et al.*, 2007) e em Pernambuco (PEREGRINO *et al.*, 2014). Entretanto, como destacado no Capítulo 1, na natureza o beijupirá ocorre comumente isolado ou em pequenos grupos (FIGUEIREDO; MENEZES, 1980; SHAFFER; NAKAMURA, 1989), o que pode dificultar a captura de um número suficiente de indivíduos para o estabelecimento do plantel de reprodutores. Portanto, em áreas onde há baixa abundância de adultos, o plantel de reprodutores pode ser formado a partir de exemplares juvenis. Na Bahia, por exemplo, a estratégia escolhida foi a captura de juvenis selvagens, os quais são naturalmente encontrados na Baía de Todos os Santos (LOPES *et al.*, 2001), e a criação até a idade adulta (CARVALHO-FILHO, 2006). Em outras regiões costeiras, a captura de juvenis pode ser inviável pela inexistência de concentrações significativas de indivíduos jovens em locais específicos da costa. Por sua vez, na Ilha Réunion, na costa leste da África, Gaumet *et al.* (2007) estabeleceram o plantel de reprodutores de beijupirá a partir de juvenis produzidos em cativeiro que foram importados de Taiwan. De modo similar, juvenis produzidos em cativeiro também foram utilizados no Rio Grande do Sul para formar o plantel de reprodutores do Laboratório de Piscicultura Marinha e Estuarina da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) (SAMPAIO *et al.*, 2016). No caso da formação do plantel de reprodutores a partir de indivíduos jovens, seja de origem selvagem, seja de cativeiro, o tempo e o custo associados à criação até que os peixes atinjam o período reprodutivo devem ser considerados.

A obtenção de reprodutores se baseia na escolha de reprodutores maduros entre os indivíduos criados em tanques-rede no mar (LIAO *et al.*, 2004; NHU *et al.*, 2011; ROMBENSO *et al.*, 2011). Os reprodutores são selecionados e transferidos para tanques em terra, onde são mantidos até a ocorrência de desovas espontâneas ou, preferencialmente, são induzidos a desovar. Nhu *et al.* (2011) acrescentam que, no Vietnã, a indução hormonal é preferida por permitir o planejamento das desovas, possibilitando que as larvas estejam disponíveis simultaneamente ao alimento vivo.

A captura de indivíduos selvagens é realizada de preferência em ambientes de recife ou próximo a naufrágios, boias, plataformas de petróleo ou objetos à deriva. Os peixes são normalmente capturados com linha e anzol sem farpas, usando-se como isca peixes que fazem parte da alimentação natural da espécie (Figura 2.1). Os indivíduos capturados devem ser imediatamente acondicionados em tanques com volume superior a 1,0 m³ com água constantemente renovada ou, caso isso não seja possível, com injeção de oxigênio. Ao se aproximar do porto, deve-se substituir a circulação de água nos tanques de transporte pela injeção de oxigênio, a fim de impedir que os peixes sejam expostos a águas de menor salinidade, com maior turbidez e/ou contaminação. No porto, os peixes devem ser transferidos para caixas de transporte com injeção de oxigênio e transportados por via rodoviária ao laboratório. A densidade máxima de reprodutores a ser mantida nos tanques de transporte vai depender do tempo decorrido entre a captura e a liberação dos animais no laboratório. Benetti *et al.* (2008) recomendam que a densidade não deve exceder 50 kg.m⁻³. A fim de diminuir o metabolismo dos peixes, gelo pode ser adicionado para manter a temperatura da água entre 22 e 24°C. Recomenda-se que o gelo seja feito a partir de água salgada, de forma que a salinidade não seja afetada. Durante todo o transporte, a concentração de oxigênio dissolvido deve ser monitorada e mantida acima de 6,0 mg.l⁻¹.

Na chegada ao laboratório, conforme o estado de estresse dos peixes, eles podem ser sedados (por exemplo, com óleo de cravo — 15-20 mg.l⁻¹), pesados e tratados com uma solução de iodo a 10%, aspergida diretamente sobre as feridas. A identificação do sexo é feita por meio de biópsia intraovariana — em que uma cânula, preferencialmente de material flexível, como silicone, com diâmetro externo de 2 a 3 mm, é introduzida no orifício urogenital – ou pela inserção de agulha de calibre 16 *gauge* na cavidade abdominal, a 1,5 cm da porção posterior da nadadeira peitoral (WEIRICH *et al.*, 2007). Independentemente da metodologia de coleta, o material biológico é analisado em microscópio ótico.

Figura 2.1 – Etapas da captura de indivíduos selvagens de beijupirá (*Rachycentron canadum*) na costa de Pernambuco para a formação do plantel de reprodutores: (A) pesca de exemplar com linha e anzol sem farpas; (B) capturando o peixe com rede tipo puçá para o convés da embarcação, onde será mantido em tanque com renovação constante de água; (C) transferência de exemplar do tanque da embarcação para o tanque de transporte rodoviário; e (D) exemplares mantidos em tanque no setor de quarentena



Fonte: Santiago Hamilton, Ernesto C. Domingues e Ronaldo B. Peregrino Jr.

Em seguida, os peixes são marcados, reanimados e expostos a banhos de água doce, por 2 min, e de formalina (formaldeído 38%; 100 mg.l⁻¹), por cerca de 3 min, para a retirada de ectoparasitas e tratamento de lesões externas (BENETTI *et al.*, 2008). Finalmente, os peixes devem ser transferidos para tanques de quarentena com água com temperatura e salinidade similar às do local de captura. Caso os peixes apresentem lesões decorrentes da captura e do transporte, Benetti *et al.* (2008) recomendam o tratamento com o antibiótico oxitetraciclina na concentração de 50 mg.l⁻¹ durante 3 horas ao longo de 5 dias consecutivos.

A alimentação deve ser fornecida imediatamente, pois, além de manter os animais nutridos, o consumo ajuda a definir a adaptação deles ao cativeiro. A alimentação de reprodutores é realizada diariamente, sendo geralmente composta por alimentos de origem marinha frescos congelados, porém fornecidos após descongelamento, tais como peixes (sardinha ou similar), lulas e crustáceos (siris, caranguejos e camarões). Também são fornecidas dietas comerciais específicas para reprodutores de peixes marinhos ou várias formulações, semiúmidas ou não, contendo vitaminas, minerais, óleos ricos em ácidos graxos altamente insaturados (AGAI), fosfolipídios (lecitina de soja), entre outros.

Fêmeas alimentadas somente com dietas formuladas tendem a apresentar desempenho reprodutivo (fecundidade, tamanho dos ovos, taxas de fertilização e eclosão e sobrevivência das larvas) inferior ao das alimentadas com um rodízio de alimentos frescos e ração. A quantidade total de alimento ofertada diariamente depende do apetite dos reprodutores, mas normalmente se situa entre 3,0% e 5,0% da biomassa. Mais detalhes sobre a nutrição e o manejo da alimentação de reprodutores podem ser encontrados no Capítulo 6.

Por ser uma espécie pelágica cujos adultos normalmente pesam entre 4 e 22 kg (WEIRICH *et al.*, 2007), os reprodutores de beijupirá exigem espaço e ótima qualidade de água, principalmente concentrações de oxigênio dissolvido relativamente elevadas. Assim, os tanques de maturação têm volume entre 30 e 100 m³ (ARNOLD *et al.*, 2002; HOLT *et al.*, 2007b; BENETTI *et al.*, 2008; PEREGRINO *et al.*, 2014) e, dependendo do manejo e do sistema de controle de qualidade da água usados, altas taxas diárias de renovação de água (entre 100% e 500%).

Os tanques de manutenção de reprodutores são usualmente circulares, com o fundo em leve declive (de 3,0% a 5,0%) em direção ao centro (BENETTI *et al.*, 2008). A entrada da água é realizada paralelamente às paredes laterais do tanque, o que cria um movimento circular da água, fazendo com que os rejeitos (fezes, restos de alimentos, escamas, etc.) sejam carregados para um dreno central. Tubos de PVC (*airlifts*) podem ser instalados ao redor dos tanques de modo a intensificar o movimento circular da água, além de garantir a sua oxigenação (ARNOLD *et al.*, 2002). Dessa forma, a limpeza dos tanques é extremamente facilitada.

Se o tanque for externo, ele deverá ser coberto com lona ou tela de sombreamento para impedir a incidência direta da luz solar, o que garante mais conforto aos reprodutores, não permitindo o aumento da temperatura e possibilitando o controle do fotoperíodo (Figura 2.2). A cobertura do tanque também minimiza o crescimento de microalgas e do biofilme (bactérias, microalgas e outros microrganismos) nas paredes e no fundo do tanque (BENETTI *et al.*, 2008), facilitando assim o controle de parasitas. Os tanques de maior tamanho também podem contar com janelas laterais, o que facilita a observação do plantel e a conseqüente tomada de decisão sobre as práticas de manejo a serem adotadas. A visualização constante dos peixes permite, por exemplo, observar se eles estão se alimentando, além de auxiliar na detecção da incidência de ectoparasitas, pois é comum que peixes infestados se rocem contra as paredes ou fundo do tanque com a finalidade de se livrar desses parasitas. Holt *et al.* (2007b) e Peregrino *et al.* (2014) concordam que o ectoparasita *Amyloodinium ocellatum* é um dos principais problemas enfrentados na manutenção de reprodutores de beijupirá. Os capítulos 10 e 11 deste volume trazem informações mais detalhadas sobre as principais parasitoses em beijupirá e o controle desses parasitas, respectivamente.

A densidade de estocagem de reprodutores normalmente não ultrapassa $2,0 \text{ kg.m}^{-3}$, e a relação macho: fêmea é mantida em 2: 1 (BENETTI *et al.*, 2008; PEREGRINO *et al.*, 2014). Os sistemas de recirculação de água, conhecidos como RAS (do inglês, *Recirculation Aquaculture Systems*), também são amplamente utilizados na manutenção de reprodutores (WEIRICH *et al.*, 2007; BENETTI *et al.*, 2008; SAMPAIO *et al.*, 2016). Entre as vantagens do uso de RAS na maturação do beijupirá estão a maior estabilidade das condições ambientais e o controle de parasitas (SCHWARZ; SMITH, 1998).

Outra função das janelas laterais nos tanques de reprodutores é permitir a observação do comportamento dos peixes, principalmente em relação à ocorrência de desovas. Arnold *et al.* (2002) e Holt *et al.* (2007b) relataram que, com a proximidade da desova, os beijupirás ficam mais ativos, sendo comum observar a formação de casais que nadam separadamente dos demais peixes. As fêmeas podem apresentar comportamento agressivo, particularmente em relação aos machos, com perseguições e mordidas no corpo. Um ou dois dias antes da desova também é comum observar uma redução na atividade alimentar (ARNOLD *et al.*, 2002; WEIRICH *et al.*, 2007; PEREGRINO *et al.*, 2014) e a fêmea passa a nadar constantemente com a boca aberta. No início da manhã do dia da desova, o ventre da fêmea se encontra visivelmente dilatado. No momento da desova, que ocorre geralmente no final da tarde ou início da noite, apenas a fêmea desovante e os machos apresentam comportamento reprodutivo. As demais fêmeas presentes no tanque permanecem indiferentes. Arnold *et al.* (2002) e Weirich *et al.* (2007) também descrevem o aumento na intensidade da coloração das linhas laterais que caracterizam essa espécie.

Figura 2.2 – Tanque externo de manutenção de reprodutores de beijupirá (*Rachycentron canadum*) na Aqualider Maricultura, Ipojuca, Pernambuco, o qual inclui uma cobertura sobre o tanque, tela de sombreamento para proporcionar conforto à equipe de trabalho e janela lateral para observação dos peixes



Fonte: Santiago Hamilton

Desovas de beijupirá também foram obtidas em viveiros externos com fundo de terra (LIAO *et al.*, 2004) ou recobertos com geomembrana (WEIRICH *et al.*, 2007). Tanto o formato (retangular ou circular) como o tamanho (de 400 a 2.500 m^2) dos viveiros variam. Nesse caso, os ovos são coletados com redes com malhas com abertura

de 400 a 800 μm e transferidos para incubadoras. Alternativamente, a eclosão das larvas pode ocorrer no próprio viveiro, onde as larvas são criadas de forma extensiva.

Para a obtenção de desovas em cativeiro, diversos métodos vêm sendo aplicados. Na Carolina do Sul, EUA, adultos desovaram naturalmente 2 ou 3 dias após terem sido capturados no mar (WEIRICH *et al.*, 2007). A desova espontânea de indivíduos capturados no ambiente natural e criados em cativeiro até a maturação sexual também foi relatada no Texas, EUA (ARNOLD *et al.*, 2002), em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004) e no Brasil, tanto na Bahia (CARVALHO-FILHO, 2006) como em Pernambuco (PEREGRINO *et al.*, 2014).

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). Esses hormônios são injetados intramuscularmente em dose única ou múltipla. O HCG é normalmente usado na dosagem de 275 UI.kg⁻¹ (KAISER; HOLT, 2005), enquanto a dose de LHRHa é de 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para as fêmeas e 10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para os machos (NHU *et al.*, 2011). Os implantes intramusculares geralmente contêm 150 μg de GnRHa de salmão (KILDUFF *et al.*, 2002), de 100 a 200 μg de GnRHa (WEIRICH *et al.*, 2007) ou de 15 a 20 μg de GnRH.kg⁻¹ de peso das fêmeas (GAUMET *et al.*, 2007). Em geral os machos não são induzidos, mas, caso necessário, aplica-se a metade da dose das fêmeas.

Enquanto os machos são escolhidos por liberarem esperma após leve pressão no abdômen, a maturidade das fêmeas pode ser verificada por biópsia intraovariana. Apenas fêmeas com ovócitos em estágio vitelogênico avançado, ou seja, com diâmetro médio superior a 650 μm , devem ser selecionadas para indução hormonal (WEIRICH *et al.*, 2007).

Desovas em cativeiro também podem ser obtidas por meio da manipulação ambiental, especificamente do fotoperíodo e da temperatura da água (KAISER; HOLT, 2005; BENETTI *et al.*, 2008). Nesse caso, as desovas começaram a ser observadas a partir de 12 a 13 horas diárias de luz e temperatura de 25 a 26 °C (HOLT *et al.*, 2007a). Essas desovas espontâneas poderão continuar por vários meses se essas condições ambientais forem mantidas. Com essa metodologia, o beijupirá desova naturalmente em cativeiro, o que tem permitido a extensão do período reprodutivo por até 9 meses por ano (KAISER; HOLT, 2005). Stieglitz *et al.* (2012a) obtiveram desovas consecutivas, ao longo de 12 meses, de um plantel de beijupirá mantido em tanque com a temperatura controlada entre 27 e 29°C. Do total de 38 desovas, 17 (44,7%) ocorreram no outono e no inverno, fora do período reprodutivo natural, e sem variações significativas na qualidade das desovas.

No Brasil, como discutido anteriormente, desovas espontâneas foram obtidas na Bahia, em 2006 (CARVALHO-FILHO, 2006); em Pernambuco, em 2007 (PEREGRINO *et al.*, 2014); e, mais recentemente, em São Paulo (Capítulo 4 deste volume). Exemplares da geração F1, 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; TOSTA, 2008). Esses autores destacam que a precocidade sexual dos animais aparentemente não afetou a qualidade dos ovos e das larvas.

Shaffer e Nakamura (1989) e Brown-Peterson *et al.* (2001) relatam que, na natureza, a espécie apresenta desova parcelada e sazonal, entre os meses de maio e agosto/setembro, o que corresponde ao verão no Hemisfério Norte. No Texas, EUA, Holt *et al.* (2007b) mantiveram reprodutores selvagens em cativeiro e confirmaram que as desovas no Hemisfério Norte ocorrem de maio a agosto. De modo similar, exemplares mantidos em tanques-rede no mar no norte do Vietnã desovam naturalmente do final de abril até julho, com um pico em maio (NHU *et al.*, 2011). Entretanto, no sul do Vietnã, onde a temperatura da água é mais alta, as desovas podem ser induzidas ao longo do ano, exceto durante o período de chuvas, que se estende de novembro a janeiro.

Na Austrália, Velde *et al.* (2010) estimaram que as desovas de indivíduos selvagens ocorrem entre setembro e junho, com um pico de outubro a dezembro.

Na Bahia, as primeiras desovas naturais de reprodutores selvagens mantidos em cativeiro foram registradas em outubro (CARVALHO-FILHO, 2006), estando de acordo com Domingues *et al.* (2007), que, ao analisarem histologicamente exemplares capturados na costa de Pernambuco, sugeriram que o período natural de desova do beijupirá seria de outubro a abril. Por outro lado, Peregrino *et al.* (2014) observaram que fêmeas mantidas em cativeiro, também em Pernambuco, desovavam até junho, confirmando que o período reprodutivo em cativeiro pode se estender além do observado em condições naturais. Chang *et al.* (1999), Gaumet *et al.* (2007), Liao *et al.* (2004), Nhu *et al.* (2011) e Stieglitz *et al.* (2012a) também relataram a ampliação do período de desova dessa espécie em cativeiro. Embora as razões para esse fenômeno não sejam totalmente conhecidas, é bastante provável que a manutenção de condições ambientais favoráveis, principalmente a temperatura (STIEGLITZ *et al.*, 2012a), e o fornecimento em abundância de alimentos de alta qualidade nutricional sejam fundamentais nesse processo.

Apesar do período de desovas do beijupirá em cativeiro aparentemente ser mais prolongado que no ambiente natural, a frequência de desovas parece não depender do histórico ou da origem dos reprodutores. Em Pernambuco, o período médio entre desovas de uma mesma fêmea foi estimado em 11,9 dias (PEREGRINO *et al.*, 2014). Analisando fêmeas capturadas em três áreas do Golfo do México, EUA, Brown-Peterson *et al.* (2001) constataram que a frequência de desovas não se diferenciou significativamente entre os exemplares das diferentes áreas, tendo variado de 5 a 12 dias. De modo similar, Velde *et al.* (2010) estimaram que fêmeas de beijupirá na costa da Austrália desovariam, em média, a cada 7,6 dias. Holt *et al.* (2007b) relataram que fêmeas mantidas em cativeiro desovam cerca de duas vezes por mês.

No cativeiro, a maioria das desovas ocorre ao anoitecer (HOLT *et al.*, 2007b; WEIRICH *et al.*, 2007; BENETTI *et al.*, 2008; PEREGRINO *et al.*, 2014). A análise histológica de ovários de fêmeas selvagens capturadas à noite indica a ocorrência de ovócitos hidratados, apontando que as desovas ocorrem preferencialmente no período noturno (VELDE *et al.*, 2010). Por outro lado, a presença de ovos em estágio inicial de desenvolvimento em coletas de plâncton sugere, também, que a desova ocorreria entre o meio da tarde e o fim da noite, com maior atividade reprodutiva ocorrendo entre as 15h30 e às 18h00 (LEFEBVRE; DENSON, 2012). Todavia, Shaffer e Nakamura (1989) relatam a ocorrência de desovas em mar aberto durante o dia. Ditty e Shaw (1992) coletaram embriões em estágio avançado de desenvolvimento durante a manhã e, baseados no tempo estimado de desenvolvimento embrionário e eclosão, concluíram que as desovas teriam acontecido durante o dia. Essa aparente discrepância de informações permite supor que o beijupirá desova preferencialmente à noite, muito embora ocasionalmente as desovas também possam ocorrer durante o dia. Nesse sentido, Gaumet *et al.* (2007) observaram que fêmeas que receberam implantes intramusculares de GhRH desovaram após 40 horas, o que usualmente ocorria ao entardecer e, ocasionalmente, durante o dia.

A fecundidade aumenta com o tamanho das fêmeas (BROWN-PETERSON *et al.*, 2001; VELDE *et al.*, 2010), sendo que, para fêmeas selvagens na faixa de 4,2 a 28,3 kg, cada desova teria uma média de cerca de 2,9 milhões de ovos (VELDE *et al.*, 2010). Brown-Peterson *et al.* (2001) constataram que a fecundidade de fêmeas selvagens variou de 377 mil a 1,98 milhões de ovos por desova. Vários outros autores (ARNOLD *et al.*, 2002; WEIRICH *et al.*, 2005; HOLT *et al.*, 2007b; PEREGRINO *et al.*, 2014) relatam que fêmeas mantidas em cativeiro, com peso médio de aproximadamente 10 kg, produzem de 1,2 a 2,4 milhões de ovos por desova.

Os ovos fertilizados apresentam flutuabilidade positiva em água do mar e, portanto, podem ser recolhidos pela descarga da água em um dreno instalado na porção superior do tanque dos reprodutores, onde um coletor, contendo uma malha com abertura de 400 a 800 μm , é acoplado (WEIRICH *et al.*, 2006; PEREGRINO *et al.*, 2014). Esse dreno somente é aberto ao se aproximar o período de desovas ou quando os casais de beijupirá passam a apresentar o comportamento reprodutivo típico.

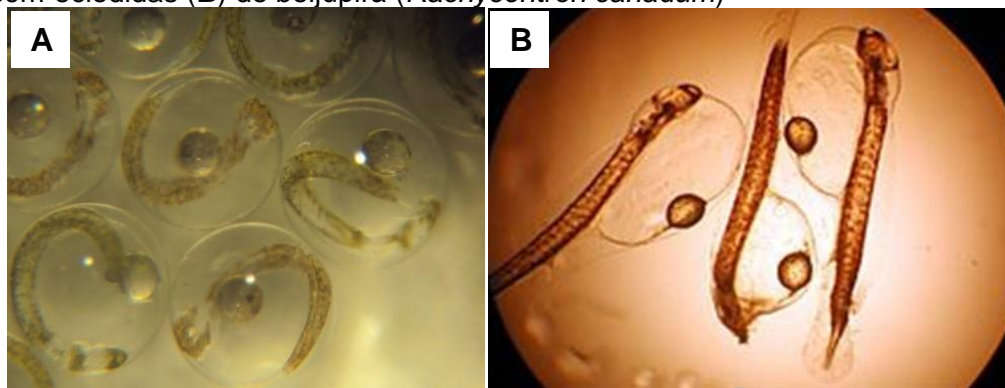
Após a coleta dos ovos, a taxa de fertilização deve ser avaliada em microscópio óptico, relacionando o número de ovos fertilizados e o número de ovos totais (fertilizados e não fertilizados). O número total de ovos é estimado pelo método volumétrico. Os ovos podem ser estocados em incubadoras ou transferidos diretamente para tanques de larvicultura. No último caso, a membrana dos ovos eclodidos (córion) e os óvulos não fertilizados poderão servir de substrato para microrganismos oportunistas potencialmente patogênicos, o que deve ser evitado.

A desinfecção dos ovos é essencial por reduzir consideravelmente o risco de transmissão de bactérias e vírus dos reprodutores para os tanques de larvicultura (SALVESEN; VADSTEIN, 1995). Os ovos de beijupirá podem ser desinfetados com formalina (100 mg.l⁻¹) durante uma hora (BENETTI *et al.*, 2008), sendo essa desinfecção realizada em ovos na fase de desenvolvimento de 8 a 128 células (de 2 a 3 horas após a fertilização) ou, então, 12 horas após a fertilização. Hitzfelder *et al.* (2006) recomendam que os ovos sejam expostos a uma concentração bem mais baixa de formalina (1,0 mg.l⁻¹) por apenas 10 min.

As incubadoras normalmente têm formato cilindro-cônico, facilitando a aeração e circulação da água por meio de um ponto de ar ou anel de aeração instalado na porção inferior, além da renovação da água, que deve ser de, no mínimo, 20% do volume da incubadora por hora. Alternativamente, a incubadora pode ser acoplada a sistemas de recirculação de água, o que garante uma maior estabilidade das variáveis de qualidade de água. A densidade recomendada varia de 100 a 500 ovos.l⁻¹ (BENETTI *et al.*, 2008). A taxa de eclosão das larvas também pode ser avaliada por volumetria após a homogeneização da água das incubadoras.

Os ovos de beijupirá são circulares, translúcidos, de cor creme e relativamente grandes (Figura 2.3), com diâmetro médio de 1,35 a 1,40 mm (LIAO *et al.*, 2001). A temperatura da água afeta o tempo de eclosão: entre 24 e 26 °C, as larvas levam 30 horas para eclodir (LIAO *et al.*, 2001), mas a 28°C, apenas 24 horas (BENETTI *et al.*, 2007). As larvas recém-eclodidas têm um comprimento total médio de 3,5 mm, e a gotícula de óleo se localiza na porção posterior do saco vitelínico (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Ovos na fase final do desenvolvimento embrionário (A) e larvas recém-eclodidas (B) de beijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Ronaldo B. Peregrino Jr.

LARVICULTURA

As larvas podem ser criadas de forma extensiva ou intensiva. A larvicultura extensiva utiliza um ecossistema fechado, sendo o alimento produzido dentro desse sistema, enquanto a larvicultura intensiva, devido às densidades de estocagem comparativamente mais elevadas, necessita do fornecimento constante de alimento produzido em outras estruturas.

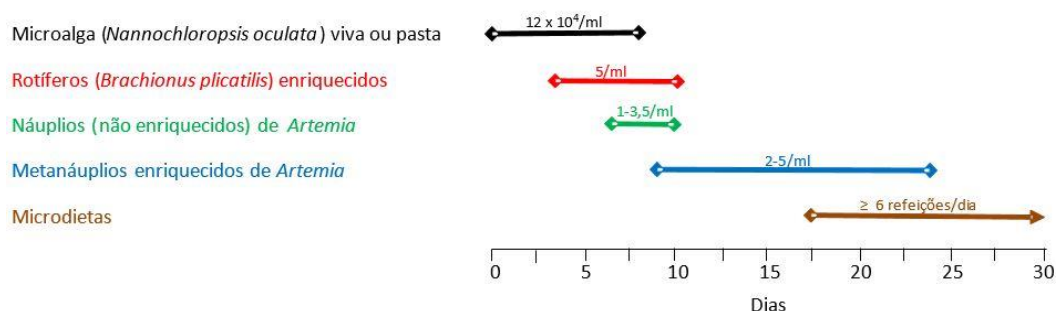
A larvicultura intensiva é realizada em laboratório sob condições ambientais controladas e com sistemas de manejo de água semiestáticos, em que uma proporção do volume total de água é periodicamente trocada, ou de recirculação, no qual

a aplicação de diferentes tipos de filtro permite que a água seja reutilizada (HITZFELDER *et al.*, 2006; HOLT *et al.*, 2007a; SCHWARZ *et al.*, 2007; SAMPAIO *et al.*, 2016). De forma geral, as larvas são criadas intensivamente em tanques circulares de fibra de vidro com volumes que variam de 300 (SCHWARZ *et al.*, 2007) a 12.000 l (BENETTI *et al.*, 2008), em água com temperatura entre 27 e 29° C e aeração suave e constante (SCHWARZ *et al.*, 2007; HOLT *et al.*, 2007a). O fotoperíodo é normalmente mantido de 13 a 14 horas diárias de luz, mas alguns autores preferem utilizar 24 horas diárias de luz (GAUMET *et al.*, 2007). A salinidade inicial é 35, a qual, a partir do 15º dia após a eclosão (DAE), pode ser reduzida gradativamente para 15 sem afetar a sobrevivência e o crescimento (FAULK; HOLT, 2006). A densidade inicial recomendada é de 10 larvas/l (HITZFELDER *et al.*, 2006).

A nutrição e o manejo da alimentação das larvas de beijupirá são tratados com maior detalhamento no Capítulo 6 deste volume. A Figura 2.4 ilustra o manejo da alimentação na criação intensiva de larvas do beijupirá. Microalgas, preferencialmente *Nannochloropsis oculata* ou *Isochrysis galbana* (HOLT *et al.*, 2007a; BENETTI *et al.*, 2008), são adicionadas nos primeiros 8 a 10 dias da larvicultura, o que é conhecido como “técnica de águas verdes”. Holt *et al.* (2007a) ressaltam que a “técnica de águas verdes” normalmente leva a um aumento expressivo na taxa de sobrevivência das larvas de beijupirá (HOLT *et al.*, 2007a), o que é reforçado pelos resultados de Gaumet *et al.* (2007). Esses autores constataram que a não adição de microalgas em uma larvicultura intensiva realizada em RAS resultou em 100% de mortalidade no 12º DAE. Gaumet *et al.* (2007) e Schwarz *et al.* (2008) não observaram diferenças na produção de larvas com o uso de um concentrado de *Nannochloropsis oculata* na forma de pasta em substituição ao fornecimento dessa microalga viva.

Nos primeiros dias pós-eclosão, as larvas se nutrem exclusivamente do vitelo, cuja qualidade depende diretamente da alimentação oferecida aos reprodutores (FAULK; HOLT, 2008). Do 3º ao 8º ou 10º DAE, as larvas são alimentadas com o rotífero *Brachionus plicatilis* enriquecido, enquanto náuplios recém-eclodidos de *Artemia* são fornecidos do 6º ao 10º DAE. A partir do 8º DAE, metanáuplios de *Artemia* enriquecidos com emulsões ricas em AGAI e micronutrientes são então ministrados até o completo fornecimento de microdietas inertes (HOLT *et al.*, 2007a). 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 24º ou 26º DAE, uma mistura de *Artemia* enriquecida e microdietas, o que é conhecido como coalimentação. Normalmente, a coalimentação se estende até o 24º ou 26º DAE, quando finaliza o “desmame” e os peixes passam a receber exclusivamente alimento inerte (microdieta). Inicialmente, a faixa de tamanho das partículas da microdieta varia de 200 a 500 µm, a qual aumenta para 400-600 µm, 500-800 µm e assim sucessivamente à medida que os peixes crescem.

Figura 2.4 – Esquema simplificado do protocolo de alimentação utilizado na criação intensiva de larvas do beijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Adaptado de Schwarz *et al.*, 2007; e Benetti *et al.*, 2008

O uso de náuplios de *Artemia* de menor tamanho (estirpe AF) pode reduzir o período de fornecimento de rotíferos sem afetar a sobrevivência e o 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, larvas alimentadas com rotíferos e *Artemia* tiveram uma sobrevivência de 44% no 9º DAE, enquanto 100% das larvas em jejum morreram no 7º DAE. Essa diferença de dois dias em relação às larvas que receberam a microdieta sugere que esta teria sido digerida pelas larvas, mesmo que parcialmente, mas isso não teria sido suficiente para mantê-las vivas após o 9º DAE.

A aplicação de probióticos, originalmente definidos como suplementos microbianos vivos, que melhoram a saúde de humanos e animais domésticos, também vem sendo utilizada na criação intensiva de larvas do beijupirá (BENETTI *et al.*, 2008). Garrido-Pereira *et al.* (2014) concluíram que a adição de um probiótico comercial contendo *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus pumilus* diretamente na água e via alimento vivo não afetou a sobrevivência, o crescimento e nem a qualidade da água, mas as larvas apresentaram maior tolerância ao estresse de salinidade e maior expressão de CD4 (correceptores de células-T), o que indica um estímulo ao desenvolvimento do sistema imune.

Larvas de beijupirá também podem ser criadas de forma extensiva. 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 copépodes (TANG *et al.*, 2006) até o 20º DAE. Os peixes são então transferidos para o berçário, o qual 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 ($\geq 300 \text{ m}^2$), onde serão alimentados de cinco a seis vezes por dia até atingirem cerca de 30 g (LIAO *et al.*, 2004). A fase de berçário também pode ser desenvolvida em RAS em condições intensivas, produzindo, após 4 semanas, juvenis de 75 g (peso inicial de 7,0 g) a uma densidade de 370 peixes.m⁻³ (LIAO *et al.*, 2004).

Em comparação com a larvicultura intensiva, a sobrevivência nos sistemas extensivos tende a ser mais baixa, normalmente entre 5,0% e 8,0%, mas as taxas de crescimento são bem mais elevadas (WEIRICH *et al.*, 2004). No primeiro estudo sobre a criação de larvas de beijupirá, Hassler e Rainville (1975) indicaram que o crescimento das larvas era maior quando alimentadas com zooplâncton selvagem, principalmente copépodes, em comparação àquelas alimentadas com rotíferos e *Artemia*. Como na natureza os copépodes são o principal alimento das larvas da maioria das espécies de peixes marinhos (LAHNSTEINER *et al.*, 2009), a adição desses organismos na larvicultura geralmente resulta em maior crescimento, sobrevivência, pigmentação, tolerância ao estresse e/ou menor ocorrência de deformidades (AJIBOYE *et al.*, 2011). Infelizmente, com exceção de Hassler e Rainville (1975), aparentemente nenhum outro estudo avaliou o fornecimento de copépodes para larvas de beijupirá. Embora a criação de copépodes em escala experimental seja uma realidade (DRILLET *et al.*, 2006; AJIBOYE *et al.*, 2011), a produção em uma escala que atenda à demanda de laboratórios de produção de juvenis de peixes ainda é um desafio. A prática de usar copépodes selvagens coletados no ambiente natural ou em viveiros, além de ter um forte componente de imprevisibilidade, pode levar à introdução de parasitas nas larviculturas (LAHNSTEINER *et al.*, 2009).

Como descrito anteriormente, o canibalismo pode causar alta mortalidade na produção de juvenis de beijupirá. Faulk *et al.* (2007) observaram que juvenis que sofreram “gradeamento” no 29º DAE, ou seja, que foram separados em grupos de tamanho similar, tiveram maior sobrevivência que lotes de indivíduos não gradeados. Eles concluíram que a menor sobrevivência provavelmente ocorreu devido ao canibalismo, já que nenhum peixe morto foi encontrado ao longo do experimento. Esse resultado não pode ser considerado uma surpresa, visto que os juvenis de beijupirá são reconhecidamente agressivos e canibais, especialmente no período que vai do 20º ao 45º DAE. Portanto, o gradeamento é rotineiramente utilizado para diminuir o impacto do canibalismo (LIAO *et al.*, 2001). Esses autores recomendam que o “gradeamento” seja realizado ao menos uma vez por semana. Outro importante fator no controle do canibalismo é o manejo da alimentação, principalmente no que se refere à escolha de dietas nutricionalmente balanceadas e à frequência de fornecimento dessas dietas. Para juvenis de beijupirá com peso entre 1,6 a 38,7 g, Oliveira (2016) recomenda o fornecimento de três a seis refeições diárias com uma taxa de alimentação entre 6,16% e 10,51%, a qual deve decrescer de acordo com o crescimento dos peixes.

TRANSPORTE DE JUVENIS

O transporte de juvenis dos laboratórios de produção para as estruturas de berçário ou de engorda é uma etapa crucial no processo produtivo (LIAO *et al.*, 2004; PEDRON, 2017). Em um espaço de tempo relativamente curto, os peixes poderão ser expostos simultaneamente a uma série de fatores estressantes, como captura, manuseio, confinamento em altas densidades e, eventualmente, a baixa qualidade da água, devido principalmente à redução do pH (COLBURN *et al.*, 2008) e ao aumento das concentrações de compostos nitrogenados (RODRIGUES *et al.*, 2007). Essa condição poderá afetar não só a sobrevivência dos juvenis de beijupirá, mas também o desempenho posterior.

No dia anterior ao transporte, os peixes não devem ser alimentados, prática que garante que os peixes evacuem as fezes, evitando que isso ocorra durante o transporte, o que afetaria a qualidade da água. O transporte deve ser realizado durante as horas menos quentes do dia, preferencialmente no início da manhã, evitando, dessa forma, o sol forte. As condições climáticas também devem ser observadas, procurando evitar a realização desta atividade em dias de mau tempo, o que pode provocar engarrafamento e aumento do tempo de viagem.

Uma vez selecionados os juvenis, o transporte pode ser realizado em caixas de transporte específicas para este fim (Figura 2.5) ou em sacos plásticos com água e oxigênio em uma proporção de 1: 2. A relação da quantidade de peixes a ser estocada na caixa de transporte depende do tempo total de transporte, incluindo o transporte em terra e, eventualmente, até as gaiolas (tanques-rede) no mar. Ao analisar os efeitos de densidade e temperatura, Colburn *et al.* (2008) concluíram que, para transportes com duração máxima de 24 h, a densidade não deve exceder 20 kg.m⁻³, e a temperatura deveria ser mantida entre 19 e 25 °C.

Figura 2.5 – Caixas utilizadas no transporte de juvenis de beijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Santiago Hamilton

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. As concentrações de compostos nitrogenados, especialmente as de amônia e nitrito, que são mais tóxicas que o nitrato, também são uma preocupação durante o transporte de peixes vivos. Para juvenis de beijupirá com peso médio de 1,74 g, Rodrigues *et al.* (2007) estimaram que a concentração letal para 50% da população (LC₅₀-96 h) é 1,13 ppm de NH₃-N.

A fim de reduzir o estresse e, dessa forma, minimizar as perdas durante o transporte de juvenis, Pedron (2017) recomenda o tamponamento da água com a adição de 1,0 g.l⁻¹ de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) para manter o pH acima de 7 e a redução da salinidade da água próximo ao ponto isosmótico (salinidade 12) em conjunto com a diminuição da temperatura para 19°C. Esse protocolo permitiu aumentar a densidade de estocagem para 27 kg.m⁻³ ao mesmo tempo em que resultou na redução da resposta de estresse durante o transporte de juvenis de beijupirá com peso aproximado de 30 g.

Nhu *et al.* (2011) descreveram 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⁻¹ e temperatura da água de 23 a 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) com temperatura da água de 25 °C e densidade de 20 juvenis de 5 cm.l⁻¹.

A qualidade de água deve ser monitorada durante o trajeto, sendo de suma importância a necessidade de se contar com material sobressalente, como medidores de oxigênio dissolvido (ou equipamento multiparâmetro) e cilindros de oxigênio, a fim de garantir o transporte adequado e sanar possíveis imprevistos. A concentração de oxigênio dissolvido deve ser mantida acima de 5,0 mg.L⁻¹. Outro fator importante é a observação dos peixes quanto a sua atividade respiratória, principalmente por meio da verificação do movimento opercular, comportamento natatório e coloração. Recomenda-se também a imediata remoção de peixes debilitados ou mortos.

Durante o transporte marítimo, a renovação de água pode ser realizada para manter a qualidade de água e aclimatar os organismos às condições da água do local de criação. Esta prática deve ser adotada somente quando a qualidade d'água o permitir, evitando locais de baixa profundidade, com descarga de rios poluídos e/ou baixa salinidade e com sólidos em suspensão em excesso.

REFERÊNCIAS

- AJIBOYE, O.O. *et al.* A review of the use of copepods in marine fish larviculture. **Review in Fish Biology and Fisheries**, v. 21, p. 225-246, 2011.
- ARNOLD, C.R.; KAISER, J.B.; HOLT, G.J. Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, p. 205-208, 2002.
- BENETTI, D.D. *et al.* Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701-711, 2008.
- BROWN-PETERSON, N.J. *et al.* Reproductive biology of cobia, *Rachycentron canadum*, from coastal waters of the southern United States. **Fishery Bulletin**, v. 99, p. 15-28, 2001.
- CARVALHO FILHO, J. O êxito da primeira desova do beijupirá. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, n. 97, p. 40-45, 2006.
- CHANG, S.L.; HSIEH, C.S.; CHAO, Z.L. Notes on artificial propagation and grow-out techniques of cobia (*Rachycentron canadum*). **Fish World Magazine**, v. 270, p. 14-26, 1999.
- COLBURN, H.R. *et al.* Factors affecting survival of cobia *Rachycentron canadum*, during simulated transport. **Journal of the World Aquaculture Society**, p. 39, v. 678-683, 2008.
- DITTY, J.G., SHAW, R.F. Larval development, distribution, and ecology of cobia *Rachycentron canadum* (Family Rachycentridae) in the northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 90, p. 668-677, 1992.
- DOMINGUES, E.C. *et al.* Biologia reprodutiva do beijupirá, *Rachycentron canadum*, capturado no litoral Pernambucano. In **Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar**, 12., 2007, Florianópolis, SC. Anais... p. 536, 2007.
- DRILLET, G. *et al.* Biochemical and technical observations supporting the use of copepods as live feed organisms in marine larviculture. **Aquaculture Research**, v. 37, p. 756-772, 2006.
- FAULK, C.K.; HOLT, G.J. Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. **Aquaculture**, v. 254, p. 275-283, 2006.
- FAULK, C.K.; HOLT, G.J. Biochemical composition and quality of captive-spawned cobia *Rachycentron canadum* eggs. **Aquaculture**, v. 279, p. 70-76, 2008.
- FAULK, C.K. *et al.* Growth and survival of larval and juvenile cobia *Rachycentron canadum* in a recirculating raceway system. **Aquaculture**, v. 270, p. 149-157, 2007.
- FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. São Paulo: Museu de Zoologia/USP. 1980. 90p.
- FRANKS, J.S. *et al.* 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**, v. 52, p. 598-609, 2001.
- GARRIDO-PEREIRA, M.A. *et al.* Probiotic effects on cobia *Rachycentron canadum* larvae reared in a recirculating aquaculture system. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 42, p. 1169-1174, 2014.
- GAUMET, F. *et al.* Advances in cobia, *Rachycentron canadum*, research in La Reunion Island (France): problems and perspectives. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.), **Cobia Aquaculture: research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society, Taipei. 2007. p. 115-129.
- HASSLER, W.W.; RAINVILLE, R.P. **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. 1975.
- HITZFELDER, G.M. *et al.* 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**, v. 37, p. 204-209, 2006.

- HOLT, G.J.; FAULK, C.K.; SCHWARZ, M.H. A review of the larviculture of cobia *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. **Aquaculture**, v. 268, p. 181-187, 2007a.
- HOLT, G.J.; KAISER, J.; FAULK, C. Advances in cobia research in Texas. In LIAO, I.C. e LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia Aquaculture: research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society, Taipei. 2007b. p. 45-56.
- KAISER, J.B.; HOLT, G.J. **Species Profile Cobia**. *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication 7202, 6 p. 2005.
- KILDUFF, P. *et al.* Induced tank spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, and early larval husbandry. **World Aquaculture**, v. 33, p. 35-39, 2002.
- LAHNSTEINER, F.; KLETZL, M.; WEISMANN, T. The risk of parasite transfer to juvenile fishes by live copepod food with the example *Triaenophorus crassus* and *Triaenophorus nodulosus*. **Aquaculture**, v. 295, p. 120-125, 2009.
- LIAO, I.C.; SU, H.M.; CHANG, E.Y. Techniques in finfish larviculture in Taiwan. **Aquaculture**, v. 200, p. 1-31, 2001.
- LIAO, I.C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LIM, B.S. *et al.* 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**, v. 28, p. 161-162, 2003.
- LOPES, P.R.D.; OLIVEIRA-SILVA, J.T.; SENA, M.P. Ocorrência de *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) (Actinopterygii: Rachycentridae) na Baía de Todos os Santos, Estado da Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 1, p. 56-59, 2001.
- NHU, V.C. *et al.* Can umbrella-stage *Artemia franciscana* substitute enriched rotifers for cobia (*Rachycentron canadum*) fish larvae? **Aquaculture**, v. 289, p. 64-69, 2009.
- NHU, V.C. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. **Aquaculture**, v. 315, p. 20-25, 2011.
- OLIVEIRA, R.L.M. **Manejo alimentar e desempenho de juvenis de robalo-flecha, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) e de beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766)**. 2016. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.
- PEDRON, J.S. **Anestesia e transporte de juvenis de beijupirá *Rachycentron canadum***. 2017. 137f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- PEREGRINO, R.B. *et al.* Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 681-687, 2014.
- RODRIGUES, R.V. *et al.* Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 271, p. 553-557, 2007.
- ROMBENSO, A.N.; SCHWARZ, M.; SAMPAIO, L.A. Closing the cobia life-cycle in Brazil. **Hatchery International**, v.Sep/Oct 2011, p. 20-21, 2011.
- SALVESEN, I.; VADSTEIN, O. Surface disinfection of eggs from marine fish: evaluation of four chemicals. **Aquaculture International**, v. 3, p. 155-171, 1995.
- SAMPAIO, L.A. *et al.* **Piscicultura marinha: criação de beijupirá em sistemas de recirculação de água**. Rio Grande: Editora da FURG. 2016.124p.
- SCHWARZ, M.H.; SMITH, S.A. **Getting acquainted with *Amyloodinium ocellatum***. Commercial fish and shellfish technology. Virginia: Virginia Cooperative Extension. Fact Sheet. Publication 600-200. 1998.
- SCHWARZ, M.H.; McLEAN, E.; CRAIG, S.R. 2007 Research experience with cobia: larval rearing, juvenile nutrition and general physiology. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production**. Asian Fisheries Society, Taipei. 2007. p. 1-17.
- SCHWARZ, M.H. *et al.* Efficacy of concentrated algal paste during greenwater phase of cobia larviculture. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 20, p. 285-294, 2008.

- SHAFFER, R.V.; NAKAMURA, E.L. 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. 1989. 21p.
- SOUZA FILHO, J.J.; TOSTA, G.A.M. Beijupirá: As primeiras desovas da geração F1. **Panorama da Aquicultura**, v. 18, n. 110, p. 50-53, 2008.
- STIEGLITZ, J.D. *et al.* Environmentally conditioned, year-round volitional spawning of cobia, *Rachycentron canadum* in broodstock maturation systems. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1557-1566, 2012a.
- STIEGLITZ, J.D.; BENETTI, D.D.; SERAFY, J.E. Optimizing transport of live juvenile cobia (*Rachycentron canadum*): effects of salinity and shipping biomass. **Aquaculture**, v. 364-365, p. 293-297, 2012b.
- TANG, B.G. *et al.* Alimentary canal contents of cobia *Rachycentron canadum* larvae cultured in ponds. **Journal of the Zhanjiang Ocean University**, v. 26, p. 12-16, 2006.
- TANG, B.G.; CHEN, G.; WU, Z.H. Application of a microdiet in cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) larvae rearing. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 315-320, 2010.
- VELDE, T.D.; GRIFFITHS, S.P.; FRY, G.C. Reproductive biology of the commercially and recreationally important cobia *Rachycentron canadum* in northeastern Australia. **Fishery Science**, v. 76, p. 33-43, 2010.
- WEIRICH, C.R. *et al.* Pond culture of larval and juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, in the Southeastern United States: initial observations. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 16, p. 27-44, 2004.
- WEIRICH, C.R. *et al.* Outdoor tank and pond spawning of cobia, *Rachycentron canadum*, in coastal South Carolina. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 18, p. 1-16, 2006.
- WEIRICH, C.R. *et al.* Cobia Aquaculture research in South Carolina, USA: captive reproduction, pond nursery production, and selected environmental requirements of juveniles. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society, Taipei. 2007. p. 19-44.

CAPÍTULO 3

CRIAÇÃO DO BEIJUPIRÁ EM GAIOLAS

Ronaldo Olivera Cavalli
Ricardo Luís Mendes de Oliveira
Santiago Hamilton

O primeiro relato conhecido sobre a criação do beijupirá (*Rachycentron canadum*) data dos anos 1970 nos EUA, quando Hassler e Rainville (1975) mantiveram exemplares vivos no laboratório por 131 dias a partir de ovos coletados na natureza. Apesar desse êxito inicial, foi somente cerca de 15 anos mais tarde que pesquisadores de Taiwan obtiveram a primeira desova do beijupirá em cativeiro (LIAO *et al.*, 2004; KAISER; HOLT, 2005). Esse novo desenvolvimento abriu a possibilidade dessa espécie ser criada em cativeiro. A partir da disponibilidade de juvenis produzidos em laboratório, e dos ótimos resultados na engorda e comercialização, o beijupirá aos poucos se transformou em uma das principais espécies de peixe produzida em gaiolas (ou tanques rede) no mar naquele país (LIAO *et al.*, 2004; MIAO *et al.*, 2009). Inicialmente, a produção visava tanto o consumo doméstico como a exportação, principalmente para o mercado japonês (LIAO; LEAÑO, 2007). O sucesso inicial da aquicultura do beijupirá em Taiwan fez com que outros países também se interessassem por essa espécie, resultando no crescimento gradativo de sua produção.

Em 2018, a aquicultura mundial produziu 43.706 t de beijupirá (FAO, 2020). China, Panamá, Vietnã e Taiwan são os principais países produtores, mas existem relatos sobre a criação dessa espécie nas Filipinas (SURTIDA, 2000), Estados Unidos (WEIRICH *et al.*, 2004), México (SEGOVIA-VALLE *et al.*, 2006), Ilhas Réunion (GAUMET *et al.*, 2007), Japão (NAKAMURA, 2007), Indonésia (WAHJUDI; MICHEL, 2007), Porto Rico, Tailândia, Irã, República Dominicana, Bahamas, Martinica (BENETTI *et al.*, 2008), Emirados Árabes Unidos (YOUSIF *et al.*, 2009), Malásia (CHU *et al.*, 2013), Índia (LOKA *et al.*, 2016), Colômbia, Singapura, Belize, Equador e República Dominicana (FAO, 2020).

No Brasil, a piscicultura marinha em geral, e a do beijupirá em particular, ainda é uma atividade incipiente. Embora tenham havido algumas iniciativas de criação dessa espécie em viveiros estuarinos (CARVALHO FILHO, 2010) e a possibilidade de criação em sistemas de recirculação de água também venha sendo considerada (SAMPAIO *et al.*, 2016), a maioria das iniciativas de aquicultura do beijupirá no Brasil utiliza gaiolas flutuantes (Figura 3.1). A primeira tentativa de produção a nível comercial ocorreu em 2009 em Pernambuco, quando a empresa Aqualider Maricultura S.A produziu 49 t em uma fazenda instalada em uma área com profundidade de 30 m e distante 11 km da praia de Boa Viagem, Recife, PE (JORNAL DO COMMERCIÓ, 2009). Posteriormente, o projeto “Cação de Escama”, coordenado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE e com financiamento do então Ministério da Pesca e Aquicultura – MPA, dispunha de quatro gaiolas de 1.200 m³ instaladas a cerca de 10 km da praia de Boa Viagem, Recife, PE (CAVALLI *et al.*, 2011; DOMINGUES *et al.*, 2014). Mais recentemente, na região sudeste do Brasil, como consta no capítulo 4 deste volume, várias iniciativas de criação de beijupirá em gaiolas também vêm sendo conduzidas em áreas abrigadas no litoral dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo.

Figura 3.1 – Gaiolas (tanques-rede) flutuantes de polietileno de alta densidade – PEAD com volume unitário de cerca de 5.400 m³ utilizadas na criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em mar aberto em Recife, PE



Fonte: Aqualider Maricultura S.A.

Em todo o mundo, a maior parcela da produção do beijupirá está baseada no uso de gaiolas flutuantes instaladas em áreas marinhas abrigadas, como baías ou enseadas. Há, entretanto, uma tendência em desenvolver a piscicultura em mar aberto em função de alguns aspectos negativos que afetam os sistemas costeiros, como competição por espaço com outros usuários e problemas com a qualidade de água. Algumas vezes há também uma percepção negativa do público em relação a impactos ambientais e estéticos (LIPTON; KIM, 2007; KAPETSKY *et al.*, 2013). Além disso, as áreas em mar aberto geralmente contam com ótimas condições ambientais, onde as correntes marinhas são capazes de manter elevados níveis de oxigênio dissolvido no interior das gaiolas ao mesmo tempo em que os impactos ambientais são minimizados pela dispersão dos resíduos (BEVERIDGE, 2004). Deve-se considerar, porém, que a instalação de gaiolas no mar aberto implica em custos de implantação e operação comparativamente mais elevados (BEVERIDGE, 2004; MIAO *et al.*, 2009; BEZERRA *et al.*, 2016), o que é tratado com maiores detalhes no capítulo 12 deste volume.

SELEÇÃO DE ÁREAS

A seleção de áreas para a aquicultura é uma tarefa complexa que envolve a identificação de locais que sejam adequados dos pontos de vista econômico, ambiental e social, que estejam disponíveis para a aquicultura e que sejam economicamente praticáveis (McLEOD *et al.*, 2002; ROSS *et al.*, 2013). Assim, como um dos principais fatores que levam ao sucesso na criação de peixes marinhos em gaiolas, a escolha de uma área adequada envolve vários aspectos e exige a avaliação de fatores físicos, químicos, biológicos, legais e econômicos, além de saúde pública (BEVERIDGE, 2004; BENETTI *et al.*, 2010a).

Antes do estabelecimento de qualquer operação de criação de peixes em gaiolas, uma avaliação do local deve ser cuidadosamente conduzida. De acordo com Beveridge (2004), os critérios para seleção de áreas para instalação de gaiolas podem ser reunidos em três categorias. A primeira agrupa os parâmetros físico-químicos que afetam

o desenvolvimento da espécie a ser criada. A segunda categoria compreende os fatores ambientais que devem ser considerados para uma adequada instalação das gaiolas. Finalmente, a última categoria engloba os critérios relacionados à implantação e rentabilidade da iniciativa.

Entre os fatores físico-químicos e ambientais a serem considerados, destacam-se vários parâmetros de qualidade da água, em especial a temperatura, salinidade e concentração de oxigênio dissolvido, velocidade e direção das correntes, altura e força das ondas e marés, tipo de substrato, profundidade, produtividade primária e turbidez, além da ocorrência de organismos incrustantes. Também é de fundamental importância o conhecimento do entorno da área, principalmente a existência de fontes poluidoras em potencial, como indústrias, atividades agrícolas ou de criação de animais, e centros urbanos, além do histórico de ocorrência de eventos de floração de algas nocivas, popularmente conhecidos como “maré vermelha”, e a presença de eventuais predadores (CARDIA; LOVATELLI, 2015).

Também devem ser considerados os aspectos legais na implantação do projeto, bem como as questões ligadas à logística, como proximidade de porto ou local que permita o acesso de embarcações, vital para a provisão de materiais e insumos, embarque/desembarque de pessoal, e para o escoamento da produção. É de fundamental importância também considerar a utilização da área por outros usuários (pescadores artesanais ou esportivos, banhistas, mergulhadores, etc.). Do ponto de vista econômico, é necessário averiguar a disponibilidade local de mão de obra e de materiais e insumos e a aceitação do produto nos mercados local e regional.

Os principais critérios que devem ser observados na escolha da área são abordados a seguir.

Qualidade da água

A qualidade da água é um fator determinante na seleção de áreas para a aquicultura, especialmente no caso da criação de peixes em gaiolas em ambientes abertos, onde é impossível se controlar as variáveis ambientais depois do empreendimento ter sido instalado. Assim como para qualquer outra espécie de organismo aquático, para o sucesso na criação do beijupirá é necessário que as variáveis de qualidade de água, principalmente a temperatura, salinidade, concentração de oxigênio dissolvido e turbidez, estejam dentro de certos limites.

A temperatura é a variável ambiental que tem maior influência sobre a fisiologia e o crescimento dos peixes (BALDISSEROTTO, 2013; SUN; CHEN, 2014), afetando, inclusive, a lucratividade de fazendas de criação do beijupirá em Taiwan (MIAO *et al.*, 2009). Para peixes ectotérmicos, como o beijupirá, existem faixas de temperatura que favorecem o crescimento. Temperaturas inferiores causam uma queda no metabolismo, afetando negativamente o crescimento, enquanto temperaturas acima da faixa considerada ideal afetam negativamente o crescimento devido ao aumento no metabolismo respiratório dos peixes, levando a um maior gasto de energia (BRETT; GROVES, 1979). Embora o beijupirá cresça em temperaturas entre 22 e 32° C (CHANG *et al.*, 1999), Sun *et al.* (2006) estimaram que o crescimento ótimo ocorre na faixa de 27 a 29° C. Abaixo de 27° C os peixes diminuem gradativamente a ingestão de alimento, o que diminui o crescimento e aumenta a possibilidade de ocorrência de doenças (SUN *et al.*, 2006; MIAO *et al.*, 2009). Temperaturas abaixo de 16° C podem levar o beijupirá ao óbito (MIAO *et al.*, 2009; NHU *et al.*, 2011).

Lima *et al.* (2018) identificaram que a faixa da costa do Brasil com temperaturas mais adequadas para a criação do beijupirá em gaiolas se estenderia do leste do Pará ao norte da Bahia. A região litorânea abrangendo a costa do Amapá até o oeste do Pará e toda a costa da região sudeste apresentariam temperaturas acima e abaixo da faixa considerada ótima para o crescimento do beijupirá, respectivamente. Esses autores não recomendam a criação comercial do beijupirá em gaiolas na região sul do Brasil devido às baixas temperaturas durante a maior parte do ano.

A salinidade pode ser um fator limitante na seleção de áreas. Normalmente, a salinidade nos oceanos oscila entre 33 e 37, mas a dinâmica do ambiente costeiro pode variar diariamente e sazonalmente pelas marés e/ou pelo regime de chuvas. Nesse caso, o aporte de água doce dos rios ou lagoas pode diminuir a salinidade e afetar o desempenho do beijupirá. Em geral, peixes marinhos não suportam exposições a baixas salinidades. Denson *et al.* (2003), Resley *et al.* (2006) e Burkey *et al.* (2007) relataram que o beijupirá tolera níveis de salinidade inferior ao normalmente encontrado no meio marinho, mas enfatizam que, em baixas salinidades, o crescimento e até mesmo a sobrevivência podem ser comprometidos. A faixa de conforto do beijupirá para a salinidade parece situar-se entre 22 e 45 (SHAFFER; NAKAMURA, 1989), embora juvenis criados em cativeiro tenham crescido bem em salinidades de apenas 10 (DENSON *et al.*, 2003). Estes autores destacaram que os peixes mantidos na salinidade 5 apresentavam lesões na pele, erosão nas nadadeiras e descoloração. Em vista disso, eles concluíram que o beijupirá pode tolerar a exposição a baixas salinidades por curtos períodos de tempo sem que ocorram mortes, mas a salinidade 5 estaria abaixo do limite tolerado pela espécie. Embora Burkey *et al.* (2007) tenham estimado que o ponto isomótico do beijupirá estaria na salinidade de 11,2, níveis médios ou altos de salinidade seriam necessários para que taxas aceitáveis de crescimento e sobrevivência fossem alcançadas. Nesse sentido, Chen *et al.* (2009) concluíram que a faixa de salinidade ótima para o crescimento do beijupirá se situaria entre 28,5 e 30.

A manipulação da dieta parece não ter efeito significativo sobre a tolerância do beijupirá à salinidade. Santos *et al.* (2012) constataram que, embora a suplementação de sal (NaCl) tenha estimulado a proliferação de células de cloro e reduzido a atividade da enzima Na⁺-K⁺ ATPase nas brânquias, o que sugere um menor consumo de energia associado à osmorregulação, o crescimento de juvenis de beijupirá com peso médio de 12 g não foi afetado após 40 dias.

A concentração de oxigênio dissolvido é essencial para a sobrevivência e crescimento dos peixes. Em ambientes de criação, o nível de oxigênio dissolvido na água pode variar ao longo do dia devido à fotossíntese, respiração e decomposição de matéria orgânica, sendo o início da manhã e o final da tarde os momentos mais críticos. Para que os peixes possam se desenvolver sem estresse nem comprometimento do crescimento, Boyd e Tucker (2014) recomendam concentrações de oxigênio dissolvido acima de 5,0 mg.L⁻¹. Considerando que o beijupirá tem alta demanda por oxigênio (FEELEY *et al.*, 2007), áreas com concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 4,0 mg.L⁻¹ devem ser evitadas. Assim, o ideal é selecionar áreas em que a concentração de oxigênio dissolvido permaneça acima de 5,0 mg.L⁻¹ (CARDIA; LOVATELLI, 2015)

A alta turbidez das águas normalmente ocorre pelo escoamento de água do continente, ou por correntes ou ondas que levantam depósitos de lodo no substrato. As fazendas devem ser instaladas em áreas com concentrações de sólidos suspensos inferiores 5,0 mg.L⁻¹ e que nunca excedam 10 mg.L⁻¹. A água turva não é recomendada para a piscicultura, pois as partículas de sedimentos contribuem para a incrustação. Quando depositados na rede, elas aceleram o fechamento das aberturas das redes e servem como substrato para o crescimento de organismos incrustantes. Os peixes também não se alimentam bem em águas turvas, o que pode afetar a eficiência de utilização da ração. Além disso, quando em grande quantidade, as partículas de sedimento podem entupir as brânquias de peixes, podendo causar asfixia.

Poluição

Águas expostas a contaminação industrial, atividades agrícolas ou de criação de animais são, *a priori*, consideradas inadequadas para a criação de peixes e deveriam ser evitadas. Assim, possíveis fontes de poluição orgânica e inorgânica próximas à área de instalação da fazenda de criação devem ser cuidadosamente consideradas. É importante estudar e compreender as possíveis fontes de poluição orgânica e inorgânica; óleo, efluentes doméstico e industriais não tratados, bactérias e outros patógenos presentes

nas descargas de resíduos municipais; metais pesados e hidrocarbonetos clorados presentes nas descargas de resíduos industriais; agrotóxicos e fertilizantes presentes nas descargas de resíduos agrícolas; e até mesmo a descargas de resíduos da aquicultura, como amônia, cloro, antibióticos e outras drogas (BENETTI *et al.*, 2010a).

A proximidade de áreas de extração ou manuseio de petróleo, inclusive zonas portuárias, deve ser evitada, pois além da contaminação e mortalidade causada pelo petróleo, há também o risco de perdas pelo uso de dispersantes químicos na eventualidade de um derramamento de óleo.

Hidrodinâmica

O conhecimento prévio da hidrodinâmica da região é imprescindível, pois é desejável a instalação das gaiolas em áreas com correntes que permitam uma boa renovação de água e, conseqüentemente, a manutenção dos níveis de oxigênio dissolvido acima de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$. A hidrodinâmica também tem papel fundamental na dispersão de resíduos, como restos de ração e fezes, e demais excreções dos peixes, o que minimiza o impacto ambiental (PICCOLOTTI; LOVATELLI, 2013). Áreas com reduzida hidrodinâmica comumente apresentam impactos ambientais mais significativos (SARÁ, 2007). Por outro lado, uma velocidade de corrente considerada excessiva, geralmente acima de $1,0 \text{ m.s}^{-1}$, além de aumentar a tensão sobre a gaiola e demais estruturas, pode causar perdas de ração, a qual, impulsionada pela corrente, pode ser carregada para fora da gaiola antes que os peixes tenham tempo de ingeri-la. Isso não só piora a conversão alimentar, como aumenta o impacto ambiental, ou seja, leva tanto a perdas econômicas como ambientais.

Domínguez *et al.* (2001) indicam que correntes com velocidade de $0,06 \text{ m.s}^{-1}$ seriam suficientes para dispersar os resíduos sólidos. Benetti *et al.* (2010a) sugerem áreas com velocidades de corrente entre 0,2 a 1,5 nós, ou seja, de $0,10$ a $0,77 \text{ m.s}^{-1}$. Kapetsky *et al.* (2013) consideram que gaiolas flutuantes deveriam ser instaladas em áreas com velocidades de corrente entre $0,1$ e $1,0 \text{ m.s}^{-1}$. Locais com correntes acima de $1,0 \text{ m.s}^{-1}$ podem afetar o tamanho do empreendimento, o posicionamento das estruturas e, mais importante, os custos de implantação e das operações de manejo (HUGUENIN, 1997). Por causa disso, em geral, as áreas escolhidas são preferencialmente abrigadas, mas desde que permitam uma mínima renovação de água.

Correntes extremamente fortes também podem implicar em um maior dispêndio de energia pelos peixes. Como o beijupirá não tem bexiga natatória, ele necessita nadar constantemente para manter sua posição na coluna da água. Se a velocidade da corrente for demasiadamente alta, ele gastará ainda mais energia para manter a posição em detrimento do crescimento (YU; UENG, 2005). Em um estudo com beijupirás com peso entre 10 e 200 g, estes autores concluíram que peixes maiores crescem mais com velocidades de corrente mais elevadas. Entretanto, a faixa estimada como ótima para beijupirás nessa faixa de tamanho se situa entre $0,1$ e $2,3 \text{ m.s}^{-1}$.

Profundidade

A Instrução Normativa Interministerial Nº 7, de 28 de abril de 2005, estabelece a necessidade de se respeitar uma distância mínima de 1,5 m entre a parte inferior da estrutura de criação e o leito submarino, ou a relação de 1: 1,75 m entre a parte submersa da estrutura de criação e o vão livre sob a mesma, prevalecendo sempre a que for maior. Assim, para instalar uma gaiola cuja rede tenha 4,0 m de altura, a área a ser selecionada deve ter uma profundidade mínima de 11,0 m (4,0 m da rede mais 7,0 m de vão livre). Este limite deve ser respeitado a fim de que haja um fluxo de água abaixo das gaiolas que permita a dispersão de eventuais resíduos, como fezes e restos de ração, minimizando possíveis impactos ao meio ambiente, principalmente à fauna bentônica.

Facilidade de acesso

A área selecionada deve estar o mais próximo possível de um porto para embarque/desembarque de insumos e pessoal, facilitando as operações diárias e reduzindo os custos relacionados ao deslocamento. Como consta no capítulo 12, que trata da viabilidade econômica, os gastos com embarcações e combustível são importantes componentes nos custos de instalação e operação. Ao identificar áreas mais adequadas à criação de peixes na costa de Pernambuco, Bezerra (2010) encontrou que a acessibilidade, especificamente a distância da fazenda marinha ao porto, foi o fator que mais contribuiu na definição das melhores áreas para a implantação de projetos de piscicultura em mar aberto.

Minimização de conflitos

A escolha de área para a implantação da fazenda marinha deve procurar evitar o conflito com outros usuários das áreas costeiras, tais como a pesca artesanal e/ou esportiva, atividades recreativas (natação, mergulho, iatismo, etc.), turismo, navegação de cabotagem e de longo curso, entre outros. A escolha de uma área não utilizada por outra atividade pode minimizar ou evitar possíveis disputas, bem como pode favorecer a qualidade da água do local escolhido.

De igual ou maior importância é evitar o uso de áreas de valor ambiental, tanto as áreas de proteção permanente (APAs), as quais são protegidas pela legislação, mas também aquelas que, embora tenham valor ambiental, ainda não tenham sido formalmente reconhecidas na forma de legislação específica.

Uso de ferramentas de geoprocessamento na seleção de áreas

Entre as ferramentas de geoprocessamento, os sistemas de informação geográfica (SIG) vêm sendo cada vez mais utilizados no zoneamento e planejamento espacial (PEREIRA; DUCKSTEIN, 1993), inclusive na definição de áreas propícias para a aquicultura (NATH *et al.*, 2000; PÉREZ *et al.*, 2005). A definição de áreas propícias com o uso de SIG permite considerar fatores ambientais e econômicos como alicerces principais, identificando áreas que sofram o mínimo impacto ambiental e que, ao mesmo tempo, permitam que as espécies criadas expressem o máximo potencial de crescimento com os menores custos de produção.

No Brasil, até o momento são poucas as tentativas de planejamento integrado que consideram a sustentabilidade desta e das demais atividades que utilizam o ambiente costeiro e, desta forma, minimizam os possíveis impactos ambientais e os conflitos entre os diferentes usuários. Bezerra (2010), Collaço *et al.* (2015) e Landuci *et al.* (2020) utilizaram SIG para identificar áreas propícias para a piscicultura marinha nas costas de Pernambuco, Cananéia, SP, e Rio de Janeiro, respectivamente. Além de fatores restritivos, como áreas de preservação ambiental, pesca, navegação, mergulho e de uso turístico, foram levados em consideração critérios de qualidade de água, acessibilidade e infraestrutura. Para o litoral de Pernambuco, como tanto a qualidade de água e as condições de infraestrutura foram consideradas adequadas, a acessibilidade, especialmente a distância da fazenda marinha ao porto, foi o fator que contribuiu de forma mais decisiva na definição das melhores áreas para a implantação de projetos de piscicultura em mar aberto (BEZERRA, 2010). Collaço *et al.* (2015) concluíram que apenas a zona costeira de Cananéia, SP, poderia ser utilizada para a criação do beijupirá, uma vez que áreas mais próximas ao estuário não só apresentariam salinidades mais baixas, mas também teriam um maior risco de serem afetadas pela poluição. Por sua vez, um total de 2.639 ha foram considerados os mais adequados para o estabelecimento e expansão da piscicultura marinha no litoral do Rio de Janeiro, sendo a maior parte dessas áreas nas baías de Ilha Grande e Sepetiba (LANDUCI *et al.*, 2020).

ELABORAÇÃO DO PROJETO

Inicialmente, deve-se considerar que a criação de beijupirá em gaiolas será desenvolvida em águas de domínio da União, ou seja, de propriedade do Governo Federal, gerando a necessidade de se observar o Decreto Nº 4.895, de 25 de novembro de 2003, e a Instrução Normativa Interministerial Nº 6 (INI Nº 6), de 31 de maio de 2004, que dispõem sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura e estabelecem as normas complementares para a autorização do uso, respectivamente.

De acordo com essas normas, os interessados na prática da aquicultura em águas de domínio da União deverão encaminhar a solicitação pelo site do governo (<https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-concessao-de-uso-do-espaco-fisico-em-corpos-dagua-de-dominio-da-uniao-para-fins-de-aquicultura>) preenchendo o requerimento online com os dados do projeto para análise técnica (Anexos I e II da INI Nº 6/2004). A Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em Brasília encaminhará o projeto para análise quanto à segurança do tráfego aquaviário por parte da Autoridade Marítima. Por se tratar de atividade a ser desenvolvida no mar é dispensada a análise pela Agência Nacional de Águas (ANA). Após o parecer conclusivo quanto à viabilidade técnica e sustentável do projeto, a SAP/MAPA solicitará à Secretaria de Patrimônio da União do Ministério da Economia (SPU/ME) a emissão do Termo de Entrega autorizando a cessão de uso a um terceiro. Com a publicação da Lei 14.011 de 10 de junho de 2020, foi dispensada a realização da licitação do referido corpo d'água de domínio da União para fins de aquicultura.

Além disso, a Resolução CONAMA Nº 413, de 26 de junho de 2009, alterada pela Resolução Nº 459, de 16 de outubro de 2013, dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura e define as normas e critérios para o licenciamento de empreendimentos aquícolas, tanto em áreas privadas como em águas de domínio da União, em função do porte da iniciativa e do potencial de severidade das espécies. Nesta Resolução são listados os documentos que devem constar do projeto. O principal deles é o Programa de Monitoramento Ambiental – PMA, onde devem ser indicadas as estações de coleta, periodicidade das amostragens, os parâmetros de coleta e o cronograma de execução e de envio de Relatórios Técnicos ao órgão competente. No caso de fazendas de criação de peixes utilizando gaiolas no mar, as estações de coleta deverão estar localizadas no ponto central da área aquícola, sendo que o monitoramento deve ser realizado ao longo do sentido predominante das correntes, com estações localizadas antes e depois do ponto central. As variáveis hidrobiológicas mínimas a serem coletadas são: material em suspensão (mg.L^{-1}); transparência (disco de Secchi – m); temperatura ($^{\circ}\text{C}$); salinidade; concentração de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}); pH; amônia-N; nitrito-N; nitrato-N (mg.L^{-1}); fosfato-P (mg.L^{-1}) e silicato-Si, clorofila *a* e coliformes termotolerantes. As amostragens devem obedecer a um cronograma de execução dentro da validade da licença de operação.

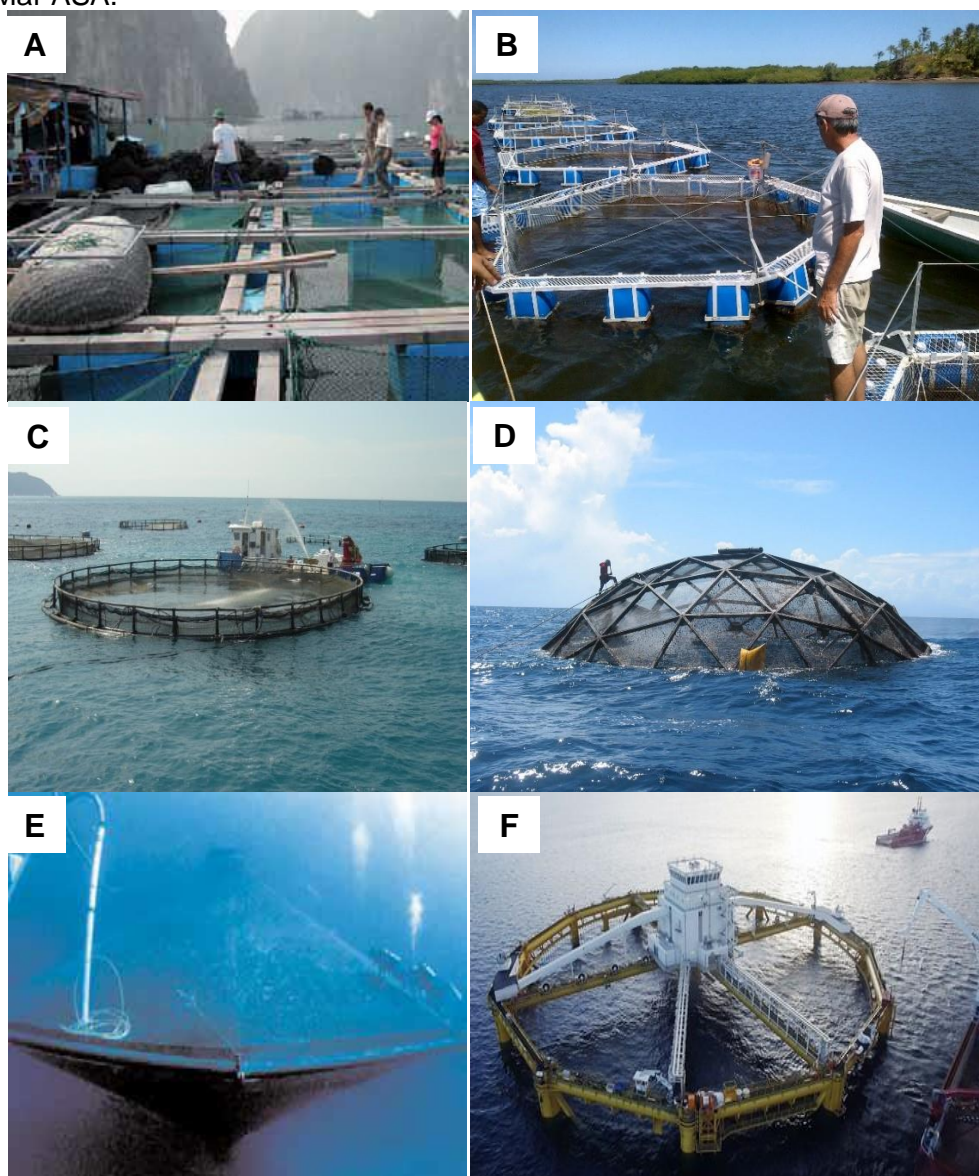
O processo de licenciamento ambiental deve ser realizado pelo interessado diretamente na Organização Estadual de Meio Ambiente (OEMA).

SISTEMA DE CRIAÇÃO EM GAIOLAS

As gaiolas podem ser flutuantes ou submersíveis (Figura 3.2) e de vários formatos (retangulares, hexagonais, quadradas ou circulares). As mais comuns são quadradas ou circulares, sendo as últimas mais vantajosas por permitirem uma maior renovação de água e possuírem uma maior relação superfície/volume. Gaiolas circulares permitem um melhor aproveitamento do material e, proporcionalmente, um menor custo. Outra característica importante das gaiolas circulares é que elas são mais resistentes ao estresse dinâmico, o que as tornam mais adequadas a locais menos protegidos (PICCOLOTTI; LOVATELLI, 2013). De qualquer forma, a escolha do tipo, formato e tamanho da gaiola depende das condições climáticas e oceanográficas, e da disponibilidade de recursos. O tipo e tamanho das gaiolas dependem também da meta de produção e do local de instalação. As gaiolas

podem ser confeccionadas com materiais simples, como madeira e bombonas plásticas como flutuadores, ou mais resistentes, como polietileno de alta densidade (PEAD) ou até mesmo de metal (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Estruturas utilizadas na criação de peixes marinhos: **(A)** gaiolas artesanais de madeira utilizadas na criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no Vietnã; **(B)** gaiolas hexagonais em metal com tratamento anticorrosivo instaladas em Igrapiúna, BA; **(C)** gaiolas flutuantes circulares construídas em polietileno de alta densidade – PEAD em Gaeta, Itália; **(D)** Aquapod A3600, gaiola flutuante instalada em Porto Rico, EUA; **(E)** SeaStation 6400s, gaiola trapezoidal e submersível também em operação em Porto Rico; e **(F)** Ocean Farm 1, gaiola de piscicultura em mar aberto, com volume de 245.000 m³, da empresa norueguesa SalMar ASA.



Fonte: **(A)** Halwart *et al.*, 2007; **(B)** Santiago Hamilton; **(C)** <http://www.fao.org/fishery/photolibrary/photo/en>; **(D)** www.innovasea.com; **(E)** HALWART *et al.*, 2007; e **(F)** www.salmar.no.

Instalação do sistema de criação

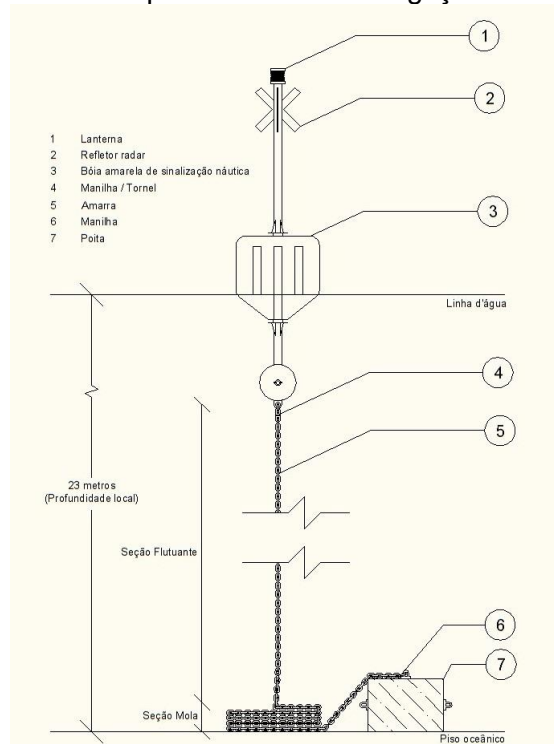
Após a seleção do local, da legalização do uso da área e a aquisição dos materiais e equipamentos, a instalação da fazenda de criação propriamente dita pode ser iniciada. A instalação da fazenda começa com a demarcação da área por meio do sistema

de sinalização, segue com a instalação do sistema de fundeio, também chamado de sistema de ancoragem ou de apoitamento, e com a alocação das gaiolas e redes.

Sistema de sinalização

Dentro do Sistema de Balizamento Marítimo, a indicação de áreas aquícolas é feita por meio de Sinal Especial, composto por boias de sinalização (Figura 3.3). As boias são de uso fundamental no sistema de criação, pois minimizam a possibilidade de que embarcações venham a colidir com as gaiolas, contribuindo assim com a segurança da navegação. Elas devem obedecer às Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação NORMAM nº 17, da Diretoria de Hidrografia e Navegação (NORMAM-17/DHN).

Figura 3.3 – Esquema da boia de sinalização e seus componentes conforme as Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação – NORMAM nº 17



Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Marinha do Brasil.

A boia de sinalização tem estrutura na cor amarela, com marca de tope em forma de “X” (Figura 3.4), a qual funciona como defletor de radar. Ela também deve estar equipada com uma baliza luminosa com alcance mínimo de duas milhas náuticas (ou cerca de 3,7 km). Toda essa estrutura é fundeada com uma poita de concreto de 1 a 2 t, dependendo da corrente no local da instalação, e conectada através de correntes ou cabos, com comprimento três vezes a profundidade local, de acordo a normas técnicas da Marinha do Brasil (BRASIL, 1993). A utilização de um destorcedor entre a boia e o cabo ou corrente é indicada para evitar enroscamento, o que pode danificar a boia ou partir o próprio cabo ou corrente.

As poitas devem ser instaladas na posição exata dos vértices da área concedida com auxílio de um GPS (“*Global Positioning System*”). Se a área da concessão for quadrada ou retangular, serão necessárias, no mínimo, quatro poitas e quatro boias de sinalização. Para facilitar o içamento das poitas é indicado o uso de embarcação com guindaste ou guincho, o que facilita a instalação desses equipamentos. Outra opção é adaptar uma rampa de madeira a bordo da embarcação, o que permite a fácil liberação de todo o conjunto de sinalização (poita, corrente e boia) no local pretendido (Figura 3.5)

Figura 3.4 – Boia de sinalização na cor amarela com marca de tope em forma de “X” (defletor de radar) e, no detalhe, baliza luminosa com alcance de duas milhas náuticas



Fonte: Ernesto C. Domingues

Figura 3.5 – Rampa de madeira adaptada no convés de embarcação e utilizada para o lançamento do sistema de sinalização composto por poita de concreto, corrente e boia

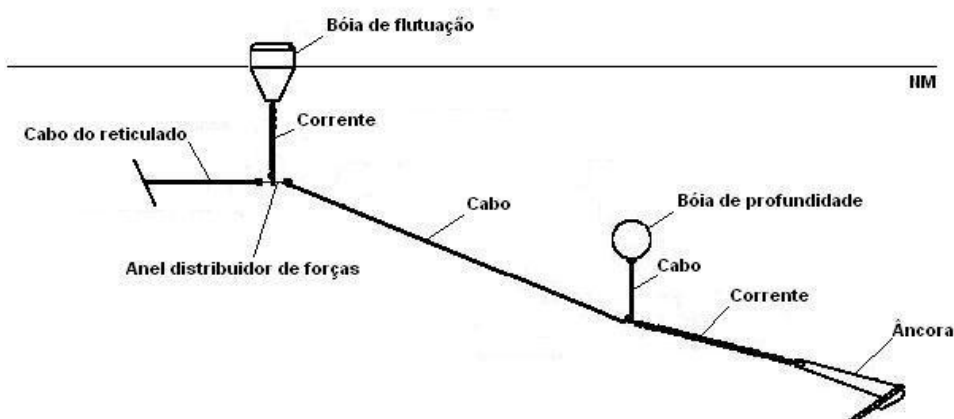


Fonte: Carolina Nunes Costa Bomfim

Sistema de fundeio

O sistema de fundeio (ancoragem ou apoitamento) é normalmente composto por poitas de concreto ou âncoras, correntes do tipo amarras, cabos, manilhas e destorcedores (Figura 3.6). O fundeio é uma das partes mais importantes de toda a estrutura, pois mantém as gaiolas na posição correta da concessão. Inicialmente, deve-se considerar a hidrodinâmica da área, principalmente as correntes marinhas, uma vez que este é o principal parâmetro responsável pelo arrasto das estruturas de criação. A partir da intensidade máxima e direção predominante das correntes, é possível dimensionar o sistema de fundeio, principalmente o peso de cada poita ou âncora e o diâmetro dos cabos, levando em conta o tamanho, forma e peso do material a ser utilizado nas gaiolas. Outra informação importante é o tipo de sedimento, o que determinará se poderão ser utilizadas âncoras, no caso de fundos arenosos, ou poitas, que são indicadas para fundos rochosos. As âncoras são confeccionadas em ferro fundido, enquanto as poitas podem ser fabricadas em concreto armado. As poitas são normalmente mais baratas para construir, porém sua instalação no mar requer uma logística maior e, portanto, mais cara.

Figura 3.6 – Esquema do sistema de fundeio ou ancoragem composto por âncora, correntes do tipo amarras, boias de profundidade e de flutuação, cabos, anel distribuidor de forças, manilhas e destorcedores (NM = nível do mar).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

Os cabos utilizados no sistema de fundeio podem ser de nylon, poliamida, polipropileno ou algodão. Para determinar o material a ser utilizado, os principais fatores a considerar são a durabilidade e o coeficiente de flutuabilidade. Os cabos são empregados na amarração das gaiolas ao sistema de fundeio, na instalação das redes, no fundeio do sistema de sinalização e no reparo de buracos nas redes. Por isso, deve-se ter muita atenção na escolha do material e do diâmetro dos cabos de acordo com as diferentes funções. O cabo de poliamida afunda na água, sendo indicado na maior parte do sistema de criação. Já o de polipropileno flutua e sua aplicação é recomendada na parte superior das estruturas de criação para amarração, por exemplo, da rede antipássaro ou a bordo da embarcação, servindo como cabo de atracação por ser facilmente visualizado na superfície da água. Os diâmetros dos cabos variam geralmente de 10 a 38 mm (ou maiores), sendo os de menor diâmetro utilizados para amarração e remendos de redes; os intermediários, para fixação de redes e boias; e os de maior diâmetro para as linhas de fundeio que sustentarão todo o sistema na posição correta.

Para o transporte do sistema de fundeio (âncoras ou poitas, corrente e cabos) é utilizado o mesmo procedimento adotado para instalação do sistema de sinalização com embarcações apropriadas e auxílio do GPS.

Estruturas de criação

A estrutura de criação propriamente dita é a parte flutuante e, portanto, visível das gaiolas ou tanques-rede, pois todo o restante encontra-se abaixo da água. Estas estruturas, somada às boias do sistema de fundeio, permitem a flutuação de todo o sistema de criação.

O dimensionamento da estrutura flutuante deve considerar o peso dos materiais empregados na montagem e instalação do sistema, como redes, cabos e pesos da rede, além do peso da fauna e flora que irá se aderir às redes e ao resto da estrutura (incrustações ou “*fouling*”). Os flutuadores, como o próprio nome diz, têm como principal função garantir a flutuabilidade de toda a estrutura. Estes podem ser confeccionados com materiais simples, como recipientes plásticos reciclados (desde que não tenham sido utilizados com produtos químicos) até estruturas em PEAD. Apesar de mais caro em relação aos recipientes plásticos, o PEAD tem maior vida útil, geralmente mais de 15 anos. Os tubos de PEAD podem ser preenchidos com cilindros de poliestireno (isopor) com diâmetro ligeiramente menor que o diâmetro interno dos tubos. O poliestireno irá auxiliar na flutuabilidade da gaiola, mesmo se os tubos forem danificados e alagados. Os tubos de PEAD também podem ser estanques, ou seja, divididos internamente, garantindo assim a flutuabilidade mesmo quando uma seção é danificada.

As gaiolas circulares são muitas vezes compostas por um, dois ou até mesmo três tubos de PEAD, com diâmetro de 15 a 35 cm, os quais são dispostos de forma concêntrica. A montagem é feita unindo-se os tubos de PEAD com a técnica de solda por termofusão. A fusão dos tubos geralmente é feita com um chassi hidráulico, equipamento que alinha e aproxima os tubos sob uma pressão ajustável, e um disco metálico aquecido, o qual transfere calor às extremidades dos tubos. A pressão mecânica exercida sobre os dois tubos aquecidos causa a fusão dos mesmos (Figura 3.7). Após a fusão, os tubos são unidos pela base por vários pilares ou suportes (“*brackets*”) em formato de “L”, os quais, na maioria dos casos, também são confeccionados em PEAD por injeção (compressão a alta pressão) ou rotomoldagem. Os “*brackets*” são dispostos ao longo de toda a circunferência da porção flutuante da gaiola, geralmente a cada dois metros de distância entre si graças a fixação de pequenos blocos de PEAD nos tubos de flutuação. Adicionalmente, um corrimão confeccionado com um tubo de PEAD de menor diâmetro é instalado na porção superior dos “*brackets*”, e tem como função tornar mais segura as operações em mar. Todo o processo de montagem das gaiolas é realizado em uma base em terra (Figura 3.8).

Figura 3.7 – Processo de solda por termofusão utilizado na montagem das gaiolas de polietileno de alta densidade (PEAD): (A) chassi hidráulico utilizado para alinhar e pressionar os dois tubos sobre um disco metálico aquecido, (B) derretimento das extremidades dos tubos de polietileno de alta densidade – PEAD, e (C) união dos tubos de PEAD aquecidos após a retirada do disco de aquecimento.



Fonte: Edmilson de M. Dantas Jr.

Figura 3.8 – Montagem final da estrutura flutuante de uma gaiola circular de polietileno de alta densidade (PEAD) na base em terra



Fonte: Ernesto C. Domingues

A utilização de plataformas ou passarelas fixadas à estrutura das gaiolas (Figura 3.9) também é recomendável, pois diminui a necessidade de embarcação durante as operações de manejo no mar, principalmente se a alimentação for realizada manualmente. Também torna o trabalho mais fácil, rápido e seguro, pois a equipe desenvolve as atividades em local estável e de fácil acesso, além de, no longo prazo, diminuir os custos relacionados com manutenção e combustível para operacionalização da embarcação ao redor das gaiolas.

Figura 3.9 – Plataforma de trabalho acoplada à gaiola (tanque-rede) circular construída com dois tubos concêntricos de polietileno de alta densidade – PEAD. Notem os “brackets”, estruturas em forma de “L” que unem os tubos de PEAD, inclusive o tubo superior, em cor amarela, chamado de “corrimão”.



Fonte: Ernesto C. Domingues

Uma vez finalizadas, as gaiolas devem ser colocadas na água e preparadas para o transporte até a área de instalação. Para isso, recomenda-se que cabos sejam amarrados internamente às gaiolas, em formato de cruz, a fim de evitar a deformação do material durante o transporte (Figura 3.10). A velocidade da embarcação durante o reboque das gaiolas até a área concedida no mar deve ser de, no máximo, 2,0 nós (3,7 km.h⁻¹). Ao chegar à área da concessão, as gaiolas devem ser amarradas ao reticulado (Figuras 3.6 e 3.11), como é chamado o sistema de cabos, previamente instalado, que sustenta a estrutura flutuante circular.

Na confecção do reticulado, são utilizados anéis de distribuição de força, geralmente fabricados com ferro galvanizado; boias de PEAD nas cores amarela ou laranja e previamente tratadas contra raios ultravioleta (UV); correntes para unir as boias aos anéis de distribuição de força; manilhas de ferro galvanizado para conectar a corrente às boias e ao anel de distribuição; e cabos de polipropileno.

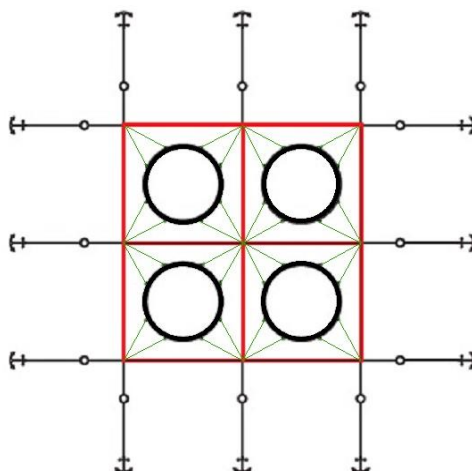
Figura 3.10 – Estrutura flutuante de uma gaiola circular de polietileno de alta densidade – PEAD sendo rebocado por uma embarcação. Notem os cabos amarrados, em formato de cruz, na parte interna da gaiola.



Fonte: Ronaldo O. Cavalli

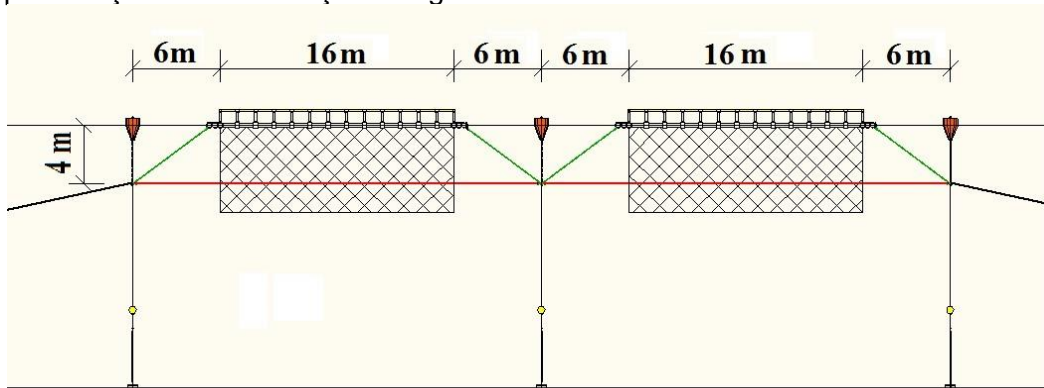
Na amarração das gaiolas ao reticulado, utiliza-se um sistema de distribuição de cabos denominado “pata de galo” (Figuras 3.11 e 3.12), no qual cada anel de distribuição é ligado à estrutura flutuante por meio de cabos de nylon (poliamida). Dependendo se cada “pata de galo” contém dois ou três cabos, cada gaiola contará com oito ou doze amarras, respectivamente.

Figura 3.11 – Vista superior de um esquema da distribuição de quatro gaiolas circulares, as “patas de galo” (destacado em verde), o reticulado (em vermelho) e doze linhas de fundeio com as respectivas âncoras



Fonte: Edmilson de M. Dantas Jr.

Figura 3.12 – Vista lateral de um sistema de criação com gaiolas circulares de 16 m de diâmetro, cabos do reticulado (destacado em vermelho), os cabos “patas de galo” (em verde) e as boias com os respectivos cabos e poitas. Notem que os cabos do reticulado são colocados a 4,0 m de profundidade para permitir a aproximação de embarcações às gaiolas



Fonte: Edmilson de M. Dantas Jr.

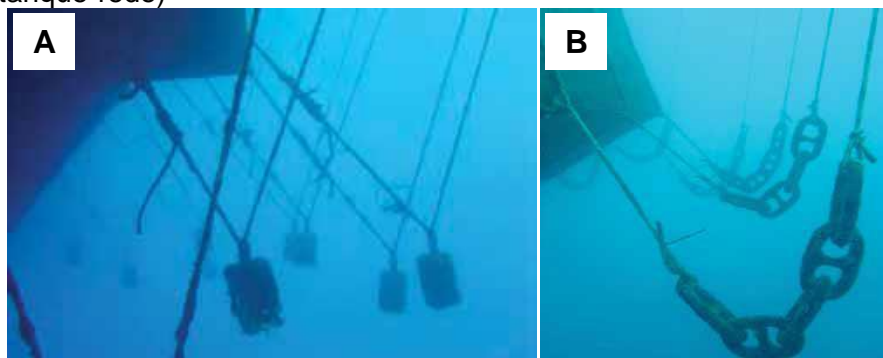
Redes

Os materiais mais comuns na fabricação das redes são arames galvanizados ou fios de poliéster revestidos com PVC, alambrados de aço inox, nylon e diferentes ligas de cobre. Na escolha do material a ser utilizado, devemos considerar as características do local de criação, o custo do material, a resistência aos prováveis predadores e às incrustações, a taxa de renovação de água (que está estritamente ligada ao tamanho da malha), e, por fim, que a malha não cause lesões aos peixes. Geralmente, redes com nós aparentes podem provocar fissuras nas escamas dos peixes, sendo preferível optar por aquelas que não possuem nós. A escolha do tamanho de malha das redes também está ligada ao tamanho dos peixes, ou seja, que não permitam que os mesmos escapem ou fiquem emalhadados. Para as fases iniciais de criação, para beijupirás com peso de 30 a 150 g, são recomendadas malhas de meia polegada ($\frac{1}{2}$ "), e, para a fase de engorda, com peixes acima de 150 g, malhas de até 2".

Prévio à instalação no mar, as redes de criação, tanto de berçário como de engorda, devem ser preparadas em terra, de forma que a parte superior da rede possa ser fácil e rapidamente amarrada no entorno dos tubos de flutuação da gaiola. Isso facilita a operação de abertura da rede no mar/estuário. Uma vez no mar, a rede é lançada na água e amarrada em vários pontos ao redor da estrutura flutuante, formando as “patas de galo” (Figuras 3.11 e 3.12).

A partir do momento em que as redes estiverem presas às gaiolas, elas serão submetidas ao empuxo das correntes marinhas e sofrerão um deslocamento que poderá diminuir o volume interno das gaiolas. Essa diminuição de volume resulta no aumento na densidade de peixes, o que, obviamente, afeta o crescimento e a sobrevivência dos peixes. A fim de evitar a diminuição do volume interno das gaiolas, pesos ou balastros, geralmente confeccionados em concreto (poitas), são instalados no fundo da rede (Figura 3.13). Em gaiolas de maior tamanho, uma alternativa às poitas é a instalação de um anel contracorrente, que consiste em um tubo de PEAD com o mesmo tamanho e formato dos utilizados como flutuadores, o qual é amarrado ao longo de toda a porção inferior da rede. Diferente dos utilizados como flutuadores, os tubos do anel contracorrente podem ser preenchidos com cabos de aço e perfurados a fim de permitir a entrada da água no seu interior e, dessa forma, aumentar ainda mais o peso da estrutura.

Figura 3.13 – Exemplos de pesos de concreto ou poitas (A) ou correntes de ferro (B) instalados no fundo da rede a fim de evitar a diminuição do volume interno da gaiola (tanque-rede)



Fonte: Cardia; Lovatelli, 2015

Em regiões com alta incidência de aves, recomenda-se o uso de rede antipássaros (Figura 3.14), a qual deve apresentar praticamente as mesmas características da rede de criação, porém ser confeccionada de material mais leve, como o nylon. O tamanho da malha pode ser 4", similar às redes de proteção utilizadas em varandas de prédios residenciais. A rede antipássaros deve ser fixada no corrimão da gaiola de forma que não entre em contato com a água e não machuque os peixes, e, ainda, não permitindo que as aves predeem os peixes dentro da gaiola. Para isso, estruturas flutuantes são colocadas no centro das gaiolas, como pode ser observado na Figura 3.14, para manter a rede suspensa sobre a água. A rede antipássaro é especialmente recomendada para as fases iniciais de desenvolvimento dos beijupirás, quando estes estão mais suscetíveis aos ataques.

Figura 3.14 – Rede antipássaro instalada em gaiola (tanque-rede) circular construída em polietileno de alta densidade – PEAD na região de Murcia, Espanha



Fonte: Ronaldo O. Cavalli

Em algumas áreas, a criação de peixes em gaiolas tem que lidar com predadores que atacam as redes para se alimentar. Nesses casos, os métodos de controle incluem o estabelecimento de melhores práticas de manejo, como coleta e remoção de indivíduos mortos no interior das gaiolas, e o uso de dispositivos acústicos ou redes antipredador. No período de 2002 a 2004, quando os primeiros ciclos de produção de beijupirá

em gaiolas foram realizados nas Bahamas e em Porto Rico, as taxas de sobrevivência variavam de 10% a 90% (BENETTI *et al.*, 2008). A principal razão para a baixa sobrevivência era a fuga de peixes devido aos ataques de tubarões que furavam as redes de gaiolas. Desde então, esse problema foi controlado com a retirada dos peixes mortos de dentro da gaiola e o uso de redes antipredador.

No Brasil, a ocorrência de ataques de predadores é muito baixa. Nas gaiolas instaladas em Recife, PE, foi relatado um ataque de barracudas (*Sphyraena barracuda*), as quais conseguiram rasgar a rede, penetrar na gaiola e preda juvenis de beijupirá (Figura 3.15). Apesar disso, o risco de predação não se mostrou ser significativo nas condições brasileiras, e o uso de redes é recomendado como medida de precaução, principalmente em áreas onde ainda não se tenha experiência com a piscicultura marinha em gaiolas.

A rede antipredador pode ser confeccionada com malha de 6" de fio de nylon multifilamento. Como normalmente as redes de criação são penduradas no tubo de PEAD interno (no caso de gaiolas com dois ou mais tubos), a antipredador deve ser amarrada no tubo mais externo, o que garante uma distância entre elas.

Figura 3.15 – Exemplar de Barracuda (*Sphyraena barracuda*) capturada no interior de gaiola de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) da Aqualider Maricultura S.A. instalada na região de Recife, PE



Fonte: Ernesto C. Domingues

Estruturas de apoio

A tomada de decisão sobre a utilização de estruturas auxiliares ou de apoio, que indiscutivelmente agilizam e facilitam as operações, está relacionada aos recursos disponíveis para a implantação do projeto e à escala de produção pretendida. A seguir são descritas algumas estruturas que podem ser utilizadas paralelamente às estruturas de criação.

Balsas de manejo servem como apoio para todas as tarefas, podendo ser utilizadas tanto para estocagem de insumos como para o abrigo do pessoal. Facilitam algumas práticas rotineiras, como a medição dos peixes e profilaxia, e até a despesca, além de serem imprescindíveis para a vigilância das estruturas de criação.

O depósito de ração pode ser instalado nas proximidades das gaiolas ou mesmo em uma base em terra. Sua finalidade é armazenar tanto a ração como outros insumos e equipamentos. A combinação de um depósito principal em terra e outro próximo às gaiolas também é conveniente, pois assim a ração utilizada durante o dia pode ficar em local protegido e próximo às gaiolas, enquanto em terra encontra-se um galpão para armazenamento da maior parte de ração utilizada ao longo do ciclo de produção.

ORIGEM DOS JUVENIS

O sucesso da produção do beijupirá está diretamente ligado à qualidade dos juvenis que serão estocados nas gaiolas. É importante realizar uma avaliação cuidadosa e detalhada dos juvenis, observando-se, principalmente, a ocorrência de feridas, deformidades e a homogeneidade do lote. Os peixes devem ser adquiridos de laboratório devidamente licenciado e, na medida do possível, com experiência na reprodução e larvicultura do beijupirá. É recomendado realizar uma visita prévia ao laboratório para analisar os peixes antes da aquisição ou transferência para as gaiolas. Peixes debilitados, com olhos esbranquiçados ou com deformidades na coluna (lordose ou escoliose), opérculo, nadadeiras e boca não devem ser estocados nas gaiolas. Ainda, é importante homogeneizar o tamanho dos peixes por meio de gradeamento, obtendo lotes de tamanho homogêneo, minimizando assim a ocorrência de canibalismo (Figura 3.16) e a disparidade no crescimento.

Figura 3.16. Juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) morto ao ingerir exemplar de menor tamanho



Fonte: Ricardo L. M. Oliveira

Os procedimentos e recomendações para o transporte de juvenis são apresentados e discutidos detalhadamente no capítulo 2 deste volume. Ao chegar ao destino, os peixes devem ser imediatamente transferidos para as gaiolas. Na medida do possível, esta tarefa deve ser realizada com o apoio de mergulhadores. A alimentação só deve ser ministrada no dia seguinte à transferência e em menor quantidade. Recomenda-se utilizar a mesma dieta que vinha sendo utilizada no laboratório e, gradativamente, substituí-la por uma nova dieta, caso haja essa intenção. A quantidade a ser ofertada dependerá do tamanho, quantidade

e peso dos juvenis estocados nas gaiolas, conforme apresentado no capítulo 6, mais especificamente na Tabela 6.1.

MANEJO NO BERÇÁRIO E NA ENGORDA

Apesar das dificuldades impostas pela realização de operações no mar, a produção de beijupirá em gaiolas é normalmente dividida nas fases de berçário e engorda (LIAO *et al.*, 2004). O berçário pode durar de 2 a 5 meses, e é nessa fase que se espera que o beijupirá, quando criado sob excelentes condições ambientais e de manejo, cresça de 2,0 a 30 g para 600-1000 g (LIAO *et al.*, 2004). Durante esta fase, espera-se que a sobrevivência seja de 70 a 80%.

No início do berçário, quando os juvenis ainda são pequenos, a rede de criação deve possuir abertura de malha não superior a $\frac{3}{4}$ ". Antes de instalar as redes e transferir os peixes para as gaiolas, recomenda-se a realização de um teste em terra para confirmar que os peixes não passam pela malha a ser utilizada. A densidade de estocagem inicial no berçário varia de 10 a 30 peixes.m⁻³, o que deve resultar em uma biomassa final que não ultrapasse 10 kg.m⁻³. Em Taiwan, a prática em muitas criações comerciais é iniciar o berçário com uma densidade de cerca de 13 peixes.m⁻³ (≈ 400 g.m⁻³), alcançando uma produtividade de 8,4 kg.m⁻³ ao final de 4 a 5 meses (LIAO *et al.*, 2004).

Após o berçário, os peixes passam para a fase da engorda, a qual visa o crescimento dos peixes até o tamanho comercial. Embora esse tamanho possa variar conforme as peculiaridades de cada mercado, a faixa de peso normalmente aceita no mercado mundial é de 6,0 a 8,0 kg. No Japão e em Taiwan, onde há uma grande demanda pelo consumo na forma de "sashimi", peixes maiores, com peso variando entre 8,0 e 10,0 kg, são geralmente preferidos (MIAO *et al.*, 2009). No Brasil, o beijupirá da aquicultura é normalmente comercializado com peso entre 3,0 e 6,0 kg, embora os exemplares oriundos da pesca geralmente sejam maiores.

Quando criados com manejo e condições ambientais adequadas, os beijupirás poderão alcançar um peso médio de 4,0 a 6,0 kg ao final de um ano (CHOU *et al.*, 2001; ARNOLD *et al.*, 2002; LIAO *et al.*, 2004; WANG *et al.*, 2005; BENETTI *et al.*, 2008, 2010b) e até 10 kg em um período de 12 a 14 meses (LIAO *et al.*, 2004). Pode, porém, haver heterogeneidade do lote, como ocorreu no Caribe, onde o peso final variou de 3,5 a 6,0 kg após 12 meses de criação em gaiolas submersíveis (BENETTI *et al.*, 2010b).

Ao final do berçário, os peixes podem ser transferidos para gaiolas de maior tamanho para que, em densidade mais baixa, tenham melhores condições para crescer. Outra opção é realizar o berçário com uma densidade de estocagem inicial mais baixa e manter os peixes na mesma gaiola, porém substituindo a rede por outra com abertura de malha maior, como de 2,0". É importante que a malha de rede utilizada na engorda tenha abertura maior, permitindo uma maior renovação de água no interior da gaiola, melhorando assim a qualidade de água e conseqüentemente favorecendo o bem-estar dos peixes.

Na fase de engorda, os juvenis de beijupirá são criados em uma densidade inicial de 2 a 5 peixes.m⁻³. Em Taiwan, é prática comum utilizar 2 peixes.m⁻³ e, ao final de 6 a 8 meses de engorda, se alcançar produtividade de 14 kg.m⁻³ (LIAO *et al.*, 2004). Comparando as densidades de 3,0 e 5,2 peixes.m⁻³ em gaiolas submersíveis, Benetti *et al.* (2010b) encontraram que o ganho de peso e a sobrevivência foram menores na maior densidade. A produtividade variou entre 5,0 e 15 kg.m⁻³, havendo uma relação direta entre densidade de estocagem com ganho de peso, mortalidade e conversão alimentar.

A escolha da densidade deve também considerar possíveis efeitos sobre o comportamento e a fisiologia dos peixes (ASHLEY, 2007). Altas densidades de estocagem podem representar uma potencial fonte de estresse aos peixes (BARTON; IWAMA, 1991), o que pode levar a um maior consumo de energia e, dessa forma, interferir negativamente não só no crescimento, mas também na competência do sistema imune (BARTON; IWAMA, 1991; WENDELAAR BONGA, 1997). No caso da criação de peixes em gaiolas no mar, onde as opções de tratamento de doenças são limitadas

por razões logísticas, o manejo deve ser realizado de forma a evitar a exposição dos peixes a situações estressantes. Nesse caso, a prevenção é a estratégia mais viável para o manejo de doenças (TRUSHENSKI *et al.*, 2010).

Os aspectos relacionados ao manejo da alimentação, incluindo tipo e composição das dietas, frequência e taxa de alimentação, são apresentados e discutidos detalhadamente no capítulo 6 deste volume.

O fornecimento de ração, também chamado de arraçoamento, é efetuado manualmente ou de forma mecanizada. No arraçoamento manual, a ração é lançada aos peixes pelo próprio produtor com auxílio de um balde ou pote. Essa prática tem a vantagem de permitir que o produtor observe o consumo de ração pelos peixes, o que possibilita o ajuste da quantidade de ração ofertada diariamente. Um menor consumo pode indicar algum problema sanitário e até mesmo a presença de predadores no interior da gaiola. Por outro lado, o arraçoamento manual é impraticável se a área da gaiola ou o número de gaiolas for grande.

Existem várias formas de arraçoamento mecanizado. Em uma delas, a ração é lançada por um equipamento semiautomático, como exemplificado na Figura 3.17. Esse modelo de alimentador contém um depósito na parte superior, onde a ração é colocada, e uma bomba de ar (ou “soprador”) a gasolina que dispersa a ração que cai do depósito por gravidade. O uso desse tipo de equipamento facilita a operação de arraçoamento, pois reduz o esforço do produtor e permite dispersar a ração em uma área maior ou em um número maior de gaiolas em menos tempo.

Figura 3.17 – Alimentador semiautomático tipo “canhão” com motor a gasolina e rendimento de cerca de 60 kg.min⁻¹ sendo utilizado na alimentação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) criado em gaiolas no mar em Recife, PE



Fonte: Ernesto C. Domingues

Para projetos de maior escala, onde grandes quantidades de ração são fornecidas diariamente, pode ser viável o uso de um sistema automatizado de alimentação com balsas/navios desenvolvidos especificamente para esta finalidade. Este sistema de alimentação automática é muito utilizado pela indústria do salmão, mas ainda não foi aplicado no Brasil.

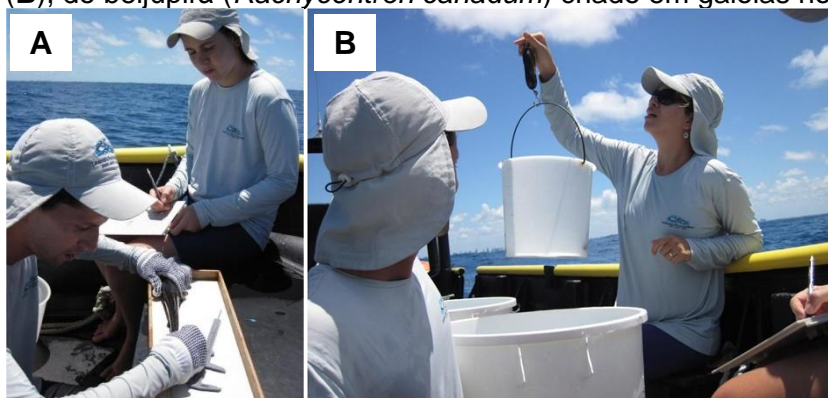
Como discutido nos capítulos 5, 6 e 12, o manejo da alimentação afeta tanto o custo de produção do beijupirá como a qualidade ambiental no entorno das fazendas de criação. O uso de câmeras subaquáticas permite o monitoramento do processo de fornecimento de ração, com o produtor verificando, em tempo real, se os pellets estão sendo consumidos pelos peixes. As câmeras são conectadas a monitores ou a computadores, fazendo com que o controle de todo o sistema de alimentação seja administrado a partir de uma central.

Além do arraçoamento, as atividades rotineiras de manejo também incluem o acompanhamento do crescimento dos peixes, o monitoramento da qualidade da água, a revisão das estruturas de criação, entre outros.

Acompanhamento da criação

O acompanhamento periódico do comprimento total e peso, popularmente chamado de “biometria” (Figura 3.18), é um procedimento de fundamental importância, já que permite acompanhar o crescimento do lote de peixes, o que serve de base para o cálculo da quantidade de ração a ser fornecida, além de permitir estimar o tamanho médio dos peixes e a biomassa total no momento da despesca. Os dados devem ser anotados em planilhas específicas, incluindo informações a respeito do estado físico e sanitário dos peixes, como ocorrência de deformidades nas nadadeiras, opérculo, boca; olhos avermelhados/esbranquiçados, muco, descamações, etc.

Figura 3.18 – Medição do comprimento (A) e do peso, com balança manual analógica (B), do beijupirá (*Rachycentron canadum*) criado em gaiolas no mar



Fonte: Ronaldo O. Cavalli

Monitoramento da qualidade de água

Durante o ciclo de produção também é necessário realizar o monitoramento de algumas variáveis físicas e químicas da água, em especial temperatura, salinidade, transparência e as concentrações de oxigênio dissolvido e de amônia. Em conjunto com os dados obtidos nas biometrias e sobre o consumo diário de ração, o comportamento dessas variáveis ao longo do tempo permitirá melhor entender eventuais diminuições no crescimento e até mesmo a ocorrência de mortalidades.

Como a temperatura e as concentrações de oxigênio dissolvido variam significativamente ao longo do dia, recomenda-se que essas variáveis sejam monitoradas duas vezes ao dia, ao amanhecer e ao anoitecer, principalmente em áreas ricas em fitoplâncton e matéria orgânica, como é o caso dos ambientes estuarinos, e em áreas costeiras próximas à desembocadura de rios ou lagunas.

Cuidados com as estruturas de criação

As estruturas de criação estão expostas a condições ambientais e de manejo que as depreciam constantemente. As forças produzidas por ondas e correntes marinhas podem causar danos. Além dessas, outras cargas devem ser consideradas, como os ventos e a atracação de embarcações durante as operações. Portanto, alguns procedimentos devem ser realizados com o objetivo de prevenir perdas, acidentes e gastos desnecessários, aumentando a vida útil das estruturas e a maximização do sistema de criação. Alguns desses procedimentos estão descritos a seguir:

Revisão da estrutura de criação

As gaiolas e amarrações devem ser observadas diariamente à procura de componentes danificados que precisem de manutenção ou substituição, como, por exemplo, boias, manilhas, os tubos da gaiola, redes, poitas e, principalmente, os cabos

de amarração. Algumas vezes os cabos podem sofrer atrito com outro componente, ocorrendo o desgaste, e, conseqüentemente, podem se romper, ou devido às forças de tração constantes podem folgar. É fundamental a realização de inspeções diárias a procura de cabos que precisem ser substituídos ou ajustados.

Incrustações

É comum que alguns organismos aquáticos (cracas, algas, moluscos, etc.) se fixem às redes e demais estruturas. Quanto mais eutrófico for o ambiente, maior será a quantidade de organismos incrustados. Essas incrustações, genericamente chamadas de “*fouling*”, aumentam o peso das estruturas, sobrecarregando o sistema de flutuação, e reduzem a circulação de água no interior das gaiolas. A menor passagem de água pelas gaiolas pode reduzir a concentração de oxigênio dissolvido, o que poderá afetar o desempenho dos peixes. Portanto, dependendo das condições ambientais e da duração do ciclo de produção, pode ser necessária a limpeza e manutenção periódica das estruturas e redes de criação, o que demanda tempo e mão-de-obra. Há ainda a possibilidade de troca das redes, o que deve ser considerado principalmente no caso de gaiolas de menor porte.

Outra forma de prevenir a incrustação nas redes é tratá-las previamente contra incrustações com um composto químico antiincrustantes (“*anti-fouling*”), geralmente a base de cobre ou zinco. Existe também a possibilidade de utilização de redes confeccionadas com fios de cobre, as quais desenvolvem uma camada de pátina ao entrar em contato com a água do mar. Essa camada resiste à fixação de organismos incrustantes (BRAITHWAITE; McEVOY, 2005). A presença de cobre e zinco nos antiincrustantes é uma grande preocupação para a sustentabilidade ambiental, pois esses compostos químicos são liberados no meio marinho como poluentes persistentes, criando assim um risco de contaminação por metais pesados. Por essa razão, vários países proíbem o uso de antiincrustantes em redes.

Revisão das redes

As redes podem ser rasgadas por predadores ou se desgastarem naturalmente. Inspeções diárias a procura de possíveis danos previnem o escape dos peixes ou entrada de predadores. Ao se deparar com rasgos na rede, a solução mais prática, porém temporária, é utilizar abraçadeiras de plástico para fechar os eventuais rasgos (Figura 3.19). Ao final do ciclo, quando a rede for retirada da água, a manutenção adequada deverá ser feita. Também é importante que os cabos de amarração das redes aos tubos de flutuação sejam periodicamente revisados.

Figura 3.19 – Abraçadeiras de plástico utilizadas para fechar aberturas na rede causadas por desgaste natural ou pela ação de predadores



Fonte: Miguel A. Rodilla

Retirada de peixes mortos

Diariamente deve-se observar a presença de peixes mortos nas gaiolas, os quais geralmente são encontrados no fundo. Esses peixes devem ser retirados, contabilizados em uma planilha de controle do estoque e transportados ao continente para serem descartados de forma adequada. É importante realizar a contagem do número de indivíduos mortos a fim de melhor estimar a taxa de mortalidade. Dessa forma, pode-se estimar com maior precisão a quantidade de ração a ser fornecida diariamente, assim como a biomassa a ser despesada. A contagem dos peixes mortos também serve como parâmetro indicativo do estado sanitário dos peixes. Além disso, como mencionado anteriormente, a retirada diária dos indivíduos mortos é uma importante ferramenta no controle de predadores.

Retirada de predadores

Em alguns casos é possível que predadores perfurem a rede e penetrem na gaiola. Assim, é importante que a presença de predadores no interior das gaiolas seja observada diariamente e, caso ocorra, que estes sejam imediatamente retirados (Figura 3.15). A presença de predadores no interior das gaiolas é facilmente notada devido à mudança de comportamento dos beijupirás, o que pode ser observado principalmente durante o arraçoamento.

A Tabela 3.1 sumariza algumas das principais atividades de rotina que devem ser realizadas durante a criação do beijupirá em gaiolas.

Tabela 3.1 – Atividades de rotina na criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas com a respectiva recomendação de frequência de realização.

Atividade	Frequência
Retirada de peixes mortos e predadores	Diária
Revisão de redes	Diária
Revisão dos tubos, amarrações e boias	Diária
Revisão do sistema fundeio	Mensal
Revisão do sistema de sinalização	Mensal
Revisão das embarcações	Diária

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Manejo sanitário

Problemas sanitários em peixes podem ser ocasionados por diversos fatores, como deficiência nutricional, baixa qualidade da água, lesões físicas ou pela infestação de parasitas e microrganismos.

A presença de peixes com deformidades físicas tem implicações biológicas, econômicas e de bem-estar animal (BOGLIONE *et al.*, 2013). Deformidades no opérculo, boca, coluna e nadadeiras dos peixes podem ser causadas por contaminantes ambientais, deficiência de nutrientes ou de oxigênio dissolvido, mudanças bruscas de temperatura, mutações, endogamia, infestações parasitárias, traumas mecânicos e ataque de predadores (McLEAN *et al.*, 2008; WITTEN *et al.*, 2009; BOGLIONE *et al.*, 2013). As deformidades podem levar à natação errática e afetar a conversão alimentar, o crescimento e até mesmo o valor de mercado (BOGLIONE *et al.*, 2013). McLean *et al.* (2008) realizaram uma revisão sobre as deformações mais comuns no beijupirá, enquanto Engrácia Filho *et al.* (2018) relataram a ocorrência de atrofia do opérculo, desorganização das lamelas branquiais, deformidade do maxilar inferior, cifose e escoliose em beijupirás criados em gaiolas em Ilhabela, SP. Uma das formas de minimizar esses problemas é realizar uma cautelosa seleção antes da estocagem, preferencialmente ainda no laboratório. Mais importante, é evitar a ocorrência de deformidades dando-se especial atenção ao manejo da criação, em especial a qualidade da alimentação. Deficiências nutricionais são difíceis de serem diagnosticadas e tratadas, principalmente para espécies como o beijupirá, em que as pesquisas sobre exigências nutricionais ainda são insuficientes e, na sua maioria, realizadas com peixes com peso abaixo de 100 g

(FRASER; DAVIES, 2009). Além de retardar o crescimento dos peixes, a baixa qualidade da dieta também pode diminuir a resistência dos peixes às doenças.

Variáveis ambientais, como luminosidade, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, e poluentes também podem afetar a resposta imune dos peixes, facilitando a ocorrência de problemas sanitários. Os peixes podem sofrer lesões físicas quando manipulados de forma inadequada, por exemplo, durante a estocagem e realização de biometrias. As lesões também podem ser provocadas pelo atrito do corpo com a rede, ou mesmo por predadores. Uma forma de prevenir lesões é escolher adequadamente o tipo de rede, com preferência por redes sem nós e com uma abertura de malha em que os peixes não se emalhem. Assim, como destacado anteriormente, para beijupirás nas faixas de peso de 30-150 g e acima de 150 g são recomendadas redes com malha de 1/2" e de até 2", respectivamente.

Os produtores também devem ficar atentos às mudanças no comportamento dos peixes e ao aparecimento dos primeiros sinais indicativos de doenças ou distúrbios nutricionais. Um diagnóstico precoce garante tempo hábil para correções nas práticas de manejo ou adoção de procedimentos profiláticos e terapêuticos eficazes, antes que ocorram mortalidades. O acompanhamento periódico do crescimento dos peixes e as observações visuais durante o arraçoamento são importantes ferramentas no diagnóstico precoce de eventuais problemas sanitários.

A Tabela 3.2 contém alguns sinais clínicos que poderão auxiliar o produtor. No entanto, na maioria das vezes a observação desses sinais não é suficiente para se ter um diagnóstico preciso, tendo em vista que muitos sinais são comuns a um grande número de doenças, parasitoses e distúrbios nutricionais. Nesses casos, é recomendado o acompanhamento de um médico veterinário.

Tabela 3.2 – Sinais clínicos típicos de infecções por bactérias (B), fungos (F), vírus (V), e parasitas (P), ou por deficiências nutricionais (N).

<i>Sinais clínicos externos</i>	B	F	V	P	N
Hemorragias (olhos, tronco, nadadeiras, boca, abdômen)	X		X		X
Lesões corporais (necroses, úlceras e furúnculos)	X	X	X	X	
Manchas descoloridas pelo corpo	X	X			
Barriga inchada ou seca	X		X	X	X
Olhos saltados e opacos (catarata)	X	X	X		X
Coloração anormal: escurecimento ou palidez	X	X	X		X
Excessiva produção de muco no corpo e nas brânquias	X				
Anemia (palidez das brânquias)	X	X	X		X
Áreas necrosadas e deformidades nas brânquias	X	X	X		X
Pontos brancos, amarelos ou pretos no corpo (cistos)	X				
Nadadeiras com erosão ou podridão	X		X		X
Deformidades corporais	X				
<i>Alterações no comportamento</i>					
Perda total ou redução no apetite	X	X	X	X	X
Peixes boquejando na superfície	X	X	X	X	
Peixes raspando o corpo em alguma superfície	X				
<i>Sinais clínicos Internos</i>					
Órgãos internos (fígado, baço e rins) hemorrágicos	X	X			
Fluido opaco ou claro na cavidade abdominal	X	X	X	X	
Fluido amarelado ou sanguinolento no intestino	X	X			
Lesões tipo úlceras no fígado	X	X			
Aumento no tamanho dos órgãos internos	X	X			
Fígado: cor anormal, aspecto friável e margens espessas	X	X			
Baço aumentado e com margens espessas	X				
Cistos brancos no fígado	X				

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

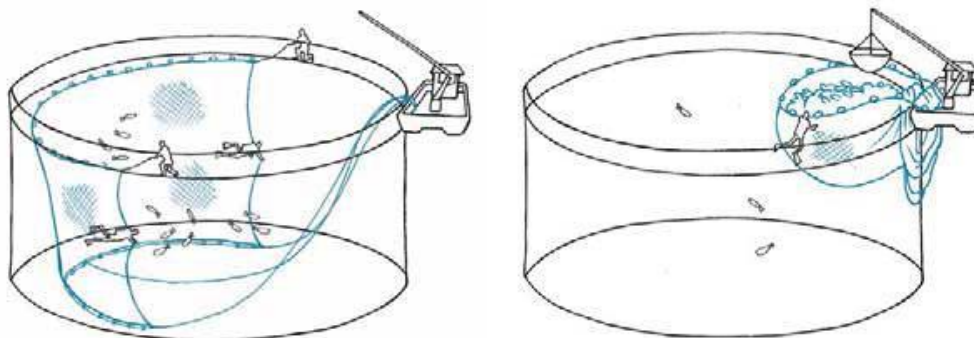
Despesca

A despesca é o resultado final do ciclo de criação que se concretiza no ato de retirar o pescado das gaiolas. Os vários métodos de despesca têm como objetivo realizar o abate do peixe de forma a causar o mínimo estresse, mantendo assim as propriedades físicas do pescado e diminuindo a velocidade de entrada no *rigor mortis*, a fim de se obter um produto de melhor qualidade (CONTE, 2004). O capítulo 14 deste volume trata especificamente da insensibilização e abate de peixes, com especial ênfase ao beijupirá.

A despesca pode ser realizada de modo seletivo ou total. Na despesca seletiva, o produtor seleciona os indivíduos com maior tamanho ou peso pré-estabelecido pelo mercado. Apesar de gerar estresse nos peixes que permanecerão na gaiola, essa opção tem como vantagem a seleção dos peixes de maior tamanho com a consequente diminuição da densidade, o que permitirá que os indivíduos menores, que permanecem na gaiola, tenham melhores condições para crescer.

Na despesca total, todos os peixes são retirados da gaiola em uma única operação. No método mais utilizado, uma rede de cerco é colocada dentro da gaiola no lado oposto ao do barco (Figura 3.20). Dependendo do tamanho da gaiola, pode ser necessário o apoio de mergulhadores. A rede é puxada lentamente em direção ao barco de forma que os peixes sejam concentrados em um lado da gaiola (Figura 3.20). O volume da gaiola pode ser reduzido levantando-se as laterais da rede. Posteriormente lança-se o puçá e os peixes são rapidamente retirados da água.

Figura 3.20 – Esquema da despesca em uma gaiola (tanque-rede) flutuante utilizando uma rede de cerco para a concentração e retirada dos peixes



Fonte: Cardia, Lovatelli, 2015

Há também a opção do uso de bombas de sucção. Nesse caso, os peixes também são concentrados em um lado da gaiola com o auxílio de redes e são então sugados por meio de bombas da gaiola para o barco ou diretamente para a planta de beneficiamento. Todo esse processo é realizado de forma automática, sendo o método muito comum na despesca de salmões.

Independente do método de despesca empregado, recomenda-se que os peixes não sejam alimentados por, pelo menos, 24 horas antes da despesca. O jejum dos peixes servirá para evitar que a ração parcialmente digerida seja regurgitada ou que fezes sejam liberadas durante o transporte.

PRINCIPAIS DESAFIOS

Como a produção de peixes marinhos em gaiolas é uma atividade relativamente recente no Brasil, existe uma série de desafios que necessita ser enfrentada para que a atividade possa se desenvolver de modo sustentável. O principal desafio talvez esteja relacionado à carência de insumos, equipamentos e serviços específicos, além da ausência de pessoal especializado e com alguma experiência na atividade. Apesar de outros setores da aquicultura brasileira serem relativamente bem estabelecidos,

como a criação de tilápias e de camarões marinhos, e, em consequência disso, contam com uma rede de insumos, serviços e de pessoal técnico, é importante destacar que a piscicultura marinha tem necessidades e demandas diferentes.

O Brasil ainda não dispõe de empresas com a devida experiência na construção e na instalação das estruturas de criação, principalmente, em relação ao fundeio em mar aberto. Os empreendedores que se lançam nesta atividade têm duas opções em relação à aquisição e instalação das estruturas de criação. A primeira é adaptar equipamentos nacionais desenvolvidos para a aquicultura continental. Em alguns casos, porém, estes equipamentos e estruturas não se adaptam às condições de mar ou tem sua vida útil reduzida. Caso optem pela aquisição de equipamentos desenvolvidos especificamente para o ambiente marinho, estes só estão disponíveis no exterior e sua importação onera os custos de instalação.

A qualidade e o custo das dietas comerciais disponíveis no mercado nacional também são uma fonte de preocupação. Nos primeiros anos de desenvolvimento da aquicultura do beijupirá no Brasil, entre 2005 a 2016, a qualidade das dietas deixava a desejar. Relatos sobre dietas comerciais com baixa atratividade e palatabilidade, nutricionalmente desbalanceadas e que resultavam em altas taxas de conversões alimentar eram bastante comuns. O baixo desempenho de beijupirás alimentados com dietas nacionais foi confirmado em alguns estudos (ROMBENSO *et al.*, 2009; CAVALLI *et al.*, 2011; COSTA-BOMFIM *et al.*, 2011). Felizmente, nos últimos anos a qualidade das dietas disponíveis no mercado brasileiro parece ter melhorado, já que vários produtores passaram a relatar resultados satisfatórios. Mesmo assim, as opções de dietas desenvolvidas especificamente para peixes marinhos no nosso mercado ainda são poucas e consideradas caras pelos produtores. Como os gastos com ração podem representar de 64% a 80% do custo de produção do beijupirá no Brasil (BEZERRA *et al.*, 2016), esta é uma questão que afeta diretamente a viabilidade econômica da atividade.

A disponibilidade de juvenis de beijupirá é outra questão sensível. Até o ano de 2020 apenas um laboratório, localizado no município de Ilhabela, SP, comercializava juvenis de beijupirá. Em vista disso, o preço relativamente alto e a disponibilidade sazonal de juvenis constituem obstáculos para a produção. O apoio governamental por meio de políticas de isenção de tributos poderia servir como incentivo à produção de formas jovens e, dessa forma, pavimentar o desenvolvimento da atividade.

A deficiência de profissionais capacitados e experientes nas diversas áreas da piscicultura marinha é outro desafio a ser enfrentado. A análise dos profissionais que atuam com “piscicultura marinha” e “patologia” na Plataforma Lattes (<http://lattes.cnpq.br/index.htm>) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) permite, em um primeiro momento, identificar vários profissionais que atuam nestas áreas do conhecimento. Uma análise mais aprofundada, no entanto, indicará que a maioria desses profissionais se dedica principalmente à patologia e parasitologia de peixes de água doce e que desenvolveram trabalhos eventuais com espécies marinhas, muito embora essa não seja sua principal área de interesse. Técnicos envolvidos diretamente com a sanidade de peixes marinhos são praticamente inexistentes no Brasil, o que se confirma na baixa disponibilidade de insumos específicos para essas espécies, ou de empresas especializadas no diagnóstico, controle e prevenção de doenças.

Em vários países, o seguro aquícola cobre as perdas devidas à desastres naturais, colisão, furto, doenças ou escape do plantel, diminuindo as incertezas e riscos aos produtores (CHEN *et al.*, 2007). No Brasil, mesmo com o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), a contratação do seguro não ocorria sob a alegação de que o porte da atividade não justificaria o valor do prêmio, principalmente considerando os riscos que ela oferece. Felizmente, com o crescimento da produção aquícola nacional, particularmente de tilápias, esta dificuldade parece estar sendo transposta. Em 2018, a primeira apólice de seguro aquícola foi contratada por uma empresa de criação de tilápias no município de Santa Fé do Sul, SP. O MAPA tem incentivado a contratação de seguros aquícolas. Em 2020, o PSR incluía um recurso exclusivo para incentivo à contratação de seguro aquícola com 40% de subvenção

ao prêmio. Portanto, assim como ocorre com os agricultores, os produtores aquícolas passaram a ter a garantia de safra caso venham a ter uma perda de produção provocada, por exemplo, pela colisão ou abalroamento de embarcações nas estruturas de criação, como ocorreu nos poucos projetos desenvolvidos em mar aberto no Brasil. Ainda mais importante para uma atividade que está dando seus primeiros passos, a possibilidade de contratação de seguro é uma importante garantia para potenciais investidores.

Outro importante gargalo se refere às solicitações de cessão de águas públicas e de licenciamento ambiental. Em novembro de 2003, o Governo Federal publicou o Decreto Nº 4.895/03, dispondo sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos de água de domínio da União para fins de aquicultura. Em 31 de maio de 2004, o Ministério do Meio Ambiente – MMA, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, a Agência Nacional de Águas – ANA, a Secretaria do Patrimônio da União – SPU/MPOG e o Comando da Marinha, em conjunto com a então Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP/PR), hoje incorporado ao MAPA, fizeram publicar a Instrução Normativa Interministerial Nº 06/04 que regulamentou o Decreto Nº 4.895/03. Ao estabelecer um marco legal para o uso de águas públicas, foi dado um importante passo para o desenvolvimento da aquicultura marinha. Entretanto, apesar desses esforços, na prática ainda há uma grande demora no andamento dos processos de cessão de águas públicas e licenciamento ambiental. A alteração do fluxo dos processos pelos diversos órgãos responsáveis é uma medida que poderia diminuir o tempo necessário para a obtenção da concessão. Outra estratégia que agilizaria as solicitações de cessão de águas públicas e de licenciamento ambiental seria a capacitação dos técnicos dos diferentes órgãos envolvidos nesse processo.

Ainda em relação à legislação, há também a necessidade de adequação das regras trabalhistas e das normas marítimas, em especial as NORMAM-01/DPC e NORMAM-02/DPC. Estas normas estabelecem que toda embarcação empregada na navegação em mar aberto e na navegação interior, incluindo baías, angras, enseadas e áreas marítimas consideradas abrigadas, deva ser guarnecida por um número mínimo de tripulantes. Por terem sido criadas sem levar em conta a aquicultura marinha, essas normas não consideram as peculiaridades da atividade e, portanto, dependendo do tamanho do empreendimento, podem impactar diretamente sobre os custos com mão de obra.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, C. R.; KAISER, J. B.; HOLT, G. J. Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, p. 205-208, 2002.

ASHLEY, P. J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 104, p. 199-235, 2007.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura** (3ª ed). Editora da UFSM: Santa Maria. 2013. 350p.

BARTON B.A.; IWAMA G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, v. 129, p. 3-26, 1991.

BENETTI, D.D. *et al.* Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701–711, 2008.

BENETTI, D.D. *et al.* Site selection criteria for open ocean aquaculture. **Marine Technology Society Journal**, v. 44, p. 22-35, 2010a.

BENETTI, D.D. *et al.* Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 302, p. 95-201, 2010b.

BEVERIDGE, M. **Cage Aquaculture** (3rd ed.). Blackwell Publishing: Oxford. 2004. 376pp.

- BEZERRA, T.R.Q. **Uso de sistemas de informação geográfica na seleção de áreas propícias para a piscicultura marinha no litoral de Pernambuco**. 2010. 72f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.
- BEZERRA, T.R.Q. *et al.* Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. **Aquaculture International**, v. 24, p. 609-622, 2016.
- BOGLIONE, C. *et al.* Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. Part 1: normal and anomalous skeletogenic processes. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. S99-S120, 2013.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 2014. **Handbook for aquaculture water quality**. C.E. Boyd and Associates, Auburn, AL. 2014. 438 pp.
- BRAITHWAITE, R. A.; McEVOY, L. A. Marine bio fouling on fish farms and its remediation. **Advances in Marine Biology**, v. 47, p. 215-252, 2005
- BRASIL. Normas Técnicas de Sinalização Náutica. Marinha do Brasil: Rio de Janeiro. 1993.
- BRETT, J.R.; GROVES, T.D.D. Physiological energetics. In HOAR, W.S.; RANDALL, D.J. (Eds.). **Fish Physiology**, vol. 8. Academic Press: New York. 1979. p. 279–352.
- BURKEY, K. *et al.* Low-salinity resistance of juvenile cobias. **North American Journal of Aquaculture**, v. 69, p. 271–274, 2007.
- CARDIA, F.; LOVATELLI, A. **Aquaculture operations in floating HDPE cages – A field handbook**. FAO Fisheries and aquaculture technical paper no. 593. FAO: Rome. 2015. 152pp.
- CARVALHO FILHO, J. Beijupirá em viveiro de terra: Bahia Pesca obtém bons resultados em cultivo experimental. **Panorama da Aqüicultura**, v. 20, n. 120, p. 46-49, 2010.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 155-164, 2011.
- CHANG, S.L. *et al.* Notes on the artificial propagation and grow-out techniques of cobia (*Rachycentron canadum*). **Fish World Magazine**, v. 270, p. 14-26, 1999.
- CHEN, Y.H. *et al.* The impact of yield insurance on Taiwan's cobia off-shore cage culture. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia Aquaculture: research, development and commercial production**, 1.ed. Asian Fisheries Society: Taiwan. 2007. p. 157-166.
- CHEN, Y.H. *et al.* Effects of salinity on growth and energy budget of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, p. 374-382, 2009.
- CHOU, R.L.; SU, M.S., CHEN, H.Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, p. 81-89, 2001.
- CHU, K.B. *et al.* A case study on the mortality of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in traditional cages. **Tropical Life Sciences Research**, v. 24, p. 77-84, 2013.
- COLBURN, H.R. *et al.* Factors affecting survival of cobia, *Rachycentron canadum*, during simulated transport. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, p. 678-683, 2008.
- COLLAÇO, F.L.; SARTOR, S. M.; BARBIERI, E. Cultivo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em Cananéia, SP, Brasil. Avaliação da viabilidade utilizando geoprocessamento. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, p. 277-289, 2015.
- CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 86, p. 205–223, 2004.
- COSTA-BOMFIM, C.N. *et al.* Growth of cobia (*Rachycentron canadum*) juveniles fed diets containing increasing levels of shrimp protein hydrolysate. In World Aquaculture Society Annual Meeting, 37, 2011, Natal. **Proceedings...** Natal: World Aquaculture Society, [2011] (CD-ROM).
- DENSON, M.R. *et al.* Effects of salinity on growth, survival, and selected hematological parameters on juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, p. 496–504, 2003.
- DOMINGUES, E.C. *et al.* Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, p. 237-249, 2014.
- DOMÍNGUEZ, L.M. *et al.* A comparative study of sediments under a marine cage farm at Gran Canaria Island (Spain). Preliminary results. **Aquaculture**, v. 192, p. 225-231, 2001.

- ENGRÁCIA FILHO, J.R. *et al.* Deformities in reared cobia, *Rachycentron canadum* L. and grouper, *Epinephelus marginatus*, in São Paulo state coast, Brazil: case report. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 1565-1568, 2018.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Fishery and Aquaculture Statistics 1950-2018 (FishstatJ)**. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2020. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- FEELEY, M.W.; BENETTI, D.D.; AULT, J.S. Elevated oxygen uptake and high rates of nitrogen excretion in early life stages of the cobia *Rachycentron canadum* (L.), a fast-growing subtropical fish. **Journal of Fish Biology**, v. 71, p. 1662–1678, 2007.
- FRASER, T.W.K.; DAVIES, S.J. Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 1219-1234, 2009.
- GAUMET, F. *et al.* Advances in cobia, *Rachycentron canadum*, research in La Reunion Island (France): problems and perspectives. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.), **Cobia Aquaculture: research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society, Taipei. 2007. p. 115-129.
- HALWART, M.; SOTO, D.; ARTHUR, J.R. **Cage aquaculture – Regional reviews and global overview**. FAO Fisheries Technical Paper. no. 498. FAO: Rome. 2007. 241 pp.
- HASSLER, W. W.; RAINVILLE, R. P. **Techniques for hatching and rearing cobia, *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages**. Sea Grant Program Publication UNC-SG-75-30. University of North Carolina: Raleigh, USA. 1975. 26 p.
- HUGUENIN, J.E. The design, operations and economics of cage culture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 16, p. 167-203, 1997.
- JORNAL DO COMÉRCIO. **Estado realiza operação pioneira**. Edição de 25 de outubro de 2009. Recife, Pernambuco.
- KAISER, J.B.; HOLT, G.J. **Species Profile Cobia**. *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication 7202, 6 p. 2005.
- KAPETSKY, J.M.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; JENNESS. J. **A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective**. FAO Fisheries and aquaculture technical paper no. 549. FAO: Rome. 2013. 181p.
- LANDUCI, F.S. *et al.* Geographic Information System as an instrument to determine suitable areas and identify suitable zones to the development of emerging marine finfish farming in Brazil. **Aquaculture Research**, v. 51, p. 3305–3322, 2020.
- LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Taipei: Asian Fisheries Society. 2007. 178p.
- LIAO, I.C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LIMA, L. N. S. S. *et al.* Identification of areas with adequate temperature for the culture of cobia in cages along the Brazilian coast. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, e5547, 2018.
- LIPTON, D. W.; KIM, D. H. Assessing the economic viability of offshore aquaculture in Korea: an evaluation based on rock bream, *Oplegnathus fasciatus*, production. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, p. 506-15, 2007.
- LOKA, J. *et al.* *Variations in growth rates of cage cultured Asian seabass *Lates calcarifer* (Bloch, 1790) and cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in relation to environmental quality of marine farm at Karwar, India*. **Indian Journal of Fisheries**, v. 61, p. 140-145, 2016.
- McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S.R. Parasites, diseases and deformities of cobia. **Ribarstvo**, v. 66, p. 1-16, 2008.
- McLEOD, I.; PANTUS, F.; PRESTON, N. The use of a geographical information system for land-based aquaculture planning. **Aquaculture Research**, v. 3, p. 241-250, 2002.
- MIAO, S. *et al.* Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. **Aquaculture International**, v. 17, p. 125-141, 2009.
- NAKAMURA, H. Cobia culture in Okinawa. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia aquaculture: Research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society: Taipei. 2007. p. 97-103.

- NATH S.S. *et al.* Applications of geographical information systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v. 23, p. 233-278, 2000.
- NHU, V.C. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. **Aquaculture**, v. 315, p. 20-25, 2011.
- PEDRON, J.S. **Anestesia e transporte de juvenis de beijupirá *Rachycentron canadum***. 2017. 137f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.
- PEREIRA, J. M. C.; DUCKSTEIN, L. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 7, p. 407-424, 1993.
- PÉREZ, O. M.; TELFER, T. C.; ROSS, L. G. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 946-961, 2005.
- PICCOLOTTI, F.; LOVATELLI, A. **Construction and installation of hexagonal wooden cages for fish farming – A technical manual**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper no. 576. FAO: Rome. 2013. 76 pp.
- RESLEY, M.J.; WEBB, K.A.; HOLT, G.J. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, v. 253, p. 398-407, 2006.
- ROMBENSO, A.N. *et al.* Avaliação do crescimento de beijupirá (*Rachycentron canadum*) alimentados com uma dieta comercial e peixe fresco. In: Conferencia Latinoamericana sobre cultivo de peces nativos, 3., 2009, Chascomus. **Anais...** Chascomus: [2009] (CD-ROM).
- ROSS, L.G. *et al.* 2013. Carrying capacities and site selection within the ecosystem approach to aquaculture. In L.G. ROSS *et al.*, eds. *Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture*, pp. 19-46. FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6-8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 21. Rome, FAO. 282 pp. 2013.
- SAMPAIO, L.A. *et al.* **Piscicultura marinha: criação de beijupirá em sistemas de recirculação de água**. Rio Grande: Editora da FURG. 2016.124p.
- SANTOS, R.A. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* L. reared in low-salinity water: does dietary sodium chloride affect growth and osmoregulation? **Aquaculture Research**, v. 45, p. 728-735, 2014.
- SARÀ, G. A meta-analysis on the ecological effects of aquaculture on the water column: dissolved nutrients. **Marine Environmental Research**, v. 63, p. 390-408, 2007.
- SEGOVIA-VALLE, E. *et al.* Study of growth in oceanic platform of *Rachycentron canadum* in Yucatan peninsula. In: WORLD AQUACULTURE SOCIETY ANNUAL MEETING, 2006, Florence, Italy. **Proceedings...** Florence: World Aquaculture Society, [2006] (CD-ROM).
- SHAFFER, R. V.; NAKAMURA, E. L. **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 1989.
- SUN, L.; CHEN, H. Effects of water temperature and fish size on growth and bioenergetics of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 426-427, p. 172-180, 2014.
- SUN, L.; CHEN, H.; HUANG, L. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 261, p. 872-878, 2006.
- SURTIDA, A.P. The sargeant fish and the eel. **SEAFDEC Asian Aquaculture**, v. 22, p. 24-30, 2000.
- TRUSHENSKI, J. *et al.* Physiological responses of cobia *Rachycentron canadum* following exposure to low water and air exposure stress challenges. **Aquaculture**, v. 307, p. 173-177, 2010
- WAHJUDI, B.; MICHEL, A. Cobia culture in Indonesia. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia aquaculture: Research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society: Taipei. 2007. p. 105-114.
- WANG, J.T. *et al.* Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 249, p. 439-447, 2005.

- WEIRICH, C.R. *et al.* Pond culture of larval and juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, in the southeastern United States: initial observations. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 16, p. 27-44, 2004.
- WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**. v. 7, p. 591-625, 1997.
- WITTEN, P.E. *et al.* Classification and developmental relationships of vertebral body malformations in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 295, p. 6-14, 2009.
- YOUSIF, O.M.; KUMAR, K.K.; ABDUL-RAHMAN, A.F.A. Growth response of cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae) under the hypersaline conditions of the Emirate of Abu Dhabi. **Aquaculture Asia Magazine**, v. 13, p. 41-42, 2009.
- YU, S.L.; UENG, P.S. Effects of flow velocity on growth of cobia (*Rachycentron canadum*). **The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh**, v. 57, p. 241-249, 2005.

CAPÍTULO 4

PRODUÇÃO DE BEIJUPIRÁ NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

Artur Nishioka Rombenso
Mônica Yumi Tsuzuki
Evandro Figueiredo Sebastiani
Claudia Ehlers Kerber

A maioria das fazendas de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) na região Sudeste do Brasil está instalada entre os municípios de São Sebastião e Ubatuba, litoral norte de São Paulo, e o município de Angra dos Reis, litoral sul do Rio de Janeiro. Mais recentemente, uma nova fazenda começou a operar em Guarapari, Espírito Santo. O litoral Norte de São Paulo e o litoral Sul do Rio de Janeiro são caracterizados pela presença da Serra do Mar e pelo aspecto sinuoso e escarpado marcado por diversas feições geomorfológicas, como baías, enseadas, ilhas e parcéis, que geram inúmeros ambientes com diversas características (MUEHE & NICOLODI, 2008). Devido à diversidade de ambientes, existem locais expostos e outros mais abrigados, possibilitando assim que diferentes formas de piscicultura marinha se façam presentes (SAMPAIO *et al.*, 2011; ROMBENSO *et al.*, 2016). Os ambientes mais expostos são diretamente influenciados por frentes climáticas e apresentam maior capacidade de suporte devido a grande circulação de água, o que pode possibilitar sistemas de criação mais intensivas. Nesses locais, a ação de correntes oceânicas e ventos são as principais forçantes, enquanto que, em ambientes mais abrigados, o regime de maré é o principal responsável pela renovação e circulação da água. Assim, esses locais possuem limitada capacidade de suporte, dependendo da amplitude de maré, porém, a proximidade da costa e a proteção contra eventos climáticos estão entre os aspectos positivos.

Essa região tem uma temperatura média de 25 °C e o clima é definido como litorâneo úmido, pois é influenciado pela Massa Tropical Marítima. O litoral norte de São Paulo é caracterizado pelo clima subtropical úmido que sofre influência de frentes frias polares. Dessa forma, o litoral norte de São Paulo apresenta condições climáticas diferentes de Angra dos Reis, RJ, e de Guarapari, ES. O principal diferencial é a temperatura da água. No litoral norte paulista, a temperatura média da água no inverno é de 20,5 °C e no verão é de 27,5 °C, com uma média anual de 24 °C. Já no sul do Rio de Janeiro, a temperatura média da água em Ilha Grande no verão é de 28 °C e no inverno de 22 °C, com uma média anual de 25 °C (dados da Maricultura Itapema e Secretaria de Pesca e Aquicultura de Angra dos Reis, RJ; ROMBENSO *et al.*, 2014). Por fim, na região de Guarapari, ES, a temperatura média da água varia entre 21 °C a 27 °C (Marcelo Lacerda, comunicação pessoal). Essas diferenças na temperatura da água podem afetar o crescimento durante os meses mais frios e também o início do período de reprodução do beijupirá.

ORIGEM DOS JUVENIS

Até o final de 2016, havia dois laboratórios privados de produção de forma jovens de beijupirá em São Sebastião, litoral norte do Estado de São Paulo: a Maricultura Itapema e a Redemar Alevinos. A Maricultura Itapema teve suas atividades encerradas no início de 2017. O laboratório produzia alevinos para atender a própria demanda e o excesso de produção era comercializado para outros produtores. O principal motivo para o fechamento da empresa foi a dificuldade em obter o licenciamento ambiental

das suas áreas de produção junto ao órgão ambiental estadual. Grande parte das áreas aquícolas marinhas encontram-se dentro de uma Área de Proteção Marinha de uso sustentável, a APA Marinha do Litoral Norte – APAMLN, instituída pelo Decreto estadual 53.525/2008, o que constitui um dos entraves para a legalização da maioria dos cultivos nessa região.

Até 2020, a Redemar Alevinos, localizada em Ilhabela, SP, era o único laboratório comercial de produção de juvenis. A maior parte da produção era realizada durante o verão, quando a temperatura da água aumenta, dando início ao período natural de reprodução da espécie (ROMBENSO *et al.*, 2011). Porém, recentemente, foram instalados sistemas de recirculação de água específicos para a manutenção do plantel de reprodutores, permitindo a manipulação do período reprodutivo para melhor atender a demanda ao longo do ano. A produção anual varia entre 50 a 130 mil juvenis, porém é suficiente para atender a atual demanda das fazendas e centros de pesquisa. Em 2018-2019, por exemplo, 80.000 juvenis de beijupirá foram produzidos. Vale ressaltar que a Redemar Alevinos não utiliza sua capacidade produtiva máxima devido à incipiente demanda.

Um terceiro laboratório, também localizado em Ilha Grande, RJ, surgiu através de uma série de iniciativas envolvendo órgãos governamentais estaduais e federais, instituições sem fins lucrativos e internacionais, e também o setor privado. O Laboratório de Reprodução de Peixes Marinhos é um laboratório piloto que não busca competir com a iniciativa privada, mas visa assegurar o fornecimento de juvenis para os produtores locais. No ciclo 2017-2018, o laboratório realizou um teste produzindo cerca de 30 mil juvenis de beijupirá.

CARACTERÍSTICA PRODUTIVAS DA REGIÃO

As fazendas de engorda do beijupirá na região Sudeste podem ser divididas em três classes de tamanho, de acordo com a produção anual: familiar, pequeno e médio porte. O número de tanques-rede (gaiolas) varia entre duas a 16 unidades, com diferentes formas e dimensões (Tabela 4.1). Independente do tamanho da fazenda, todas utilizam tanques-rede instalados em áreas relativamente protegidas e próximas à costa.

Atualmente, a única fazenda classificada como “familiar” utiliza dois tanques-rede circulares, com diâmetro menor ou igual a 5,0 m, e alcança uma produção média de até 3,0 t por ano. Todas as rotinas de manejo, manutenção e despesca são realizadas pela própria família, sem contratação de mão de obra externa. Fazendas classificadas como de pequeno porte utilizam um maior número de tanques-rede em relação à classe anterior, geralmente entre cinco a oito unidades, e com diâmetros de 5 a 12 m. A produção dessas fazendas varia entre 4 a 10 t por ano, e se faz necessária a contratação de mão de obra assalariada. As fazendas de médio porte são gerenciadas por uma equipe de produção, e são caracterizadas por tanques-rede maiores (12 a 16 m de diâmetro). O número de tanques varia conforme o ciclo produtivo da fazenda, geralmente entre 4 a 16 unidades, e a produção é superior a 10 t por ciclo.

Destas fazendas, a maioria está situada no litoral norte de São Paulo (Ubatuba, Ilhabela e São Sebastião), enquanto apenas uma em Angra dos Reis, RJ, e outra em Guarapari, ES (Tabela 4.1.). Anteriormente havia três fazendas em operação em Ubatuba, duas em Ilhabela e duas em São Sebastião. Entretanto, devido à dificuldade na obtenção do licenciamento ambiental, a maioria dos produtores de peixe marinho passou a produzir espécies de molusco, como mexilhões e vieiras, em áreas de até 20.000 m², o que dispensa a necessidade de licenciamento ambiental. Diferente da maioria das outras fazendas, a iniciativa em Guarapari, ES, é oriunda de um projeto financiado pela Petrobrás e com participação da Universidade Federal do Espírito Santo e da Associação de Maricultores de Guarapari.

Devido à maioria das fazendas serem de tamanho relativamente pequeno, a produção anual média da região varia de 1 a 160 t, a qual se alcança com um ciclo de produção por ano. O objetivo é produzir peixes com peso final de 3,0 a 5,0 kg, os quais são destinados ao mercado doméstico, especialmente Rio de Janeiro e São Paulo.

O ciclo produtivo na região é caracterizado por um período que compreende a estocagem de juvenis nos tanques-rede durante os meses de verão (novembro a janeiro) até atingir o tamanho desejado para comercialização.

ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO

Os dados de produção disponíveis nesse capítulo foram obtidos através de comunicação pessoal com cada produtor. Não foram, portanto, realizadas estimativas utilizando parâmetros como quantidade de juvenis produzidos, quantidade de ração utilizada, conversão alimentar aparente, crescimento, entre outros.

Produção no ciclo 2013/2014

A produção total de beijupirá na região Sudeste no ciclo 2013/2014 foi estimada em 25 t, oriunda de apenas três fazendas. A Maricultura Itapema, de São Sebastião, produziu 20 t, sendo responsável por 80% da produção, enquanto que a fazenda da Praia de Lagoinha, em Ubatuba, produziu 1,5 t e a de Angra dos Reis, 3,5 t. Apesar de incipiente, o mercado absorveu prontamente essa produção com elevado preço, estabelecendo um mercado nobre para o beijupirá, o que funcionou como uma alavanca para o desenvolvimento inicial da atividade.

Produção no ciclo 2014/2015

A boa aceitação do mercado consumidor, a elevada demanda por peixes marinhos e o elevado valor agregado à criação de beijupirá atraiu investidores e produtores. Assim, no período de um ano, o número de produtores aumentou para cinco, e duas outras fazendas foram implantadas (Tabela 4.1).

No ciclo de 2014/2015, houve uma produção estimada entre 67 a 88 t, o que significa um aumento de três a quatro vezes em relação ao ano anterior. Novamente, a maior parte da produção foi oriunda das duas fazendas localizadas em Ilhabela, as quais responderam por mais de 80% da produção da região. Porém, vale ressaltar que, essas fazendas focavam na produção de peixes das primeiras classes de tamanho (3,0 kg), enquanto que as fazendas menores focavam nas classes de tamanho maior, produzindo peixes de 4,0 a 5,0 kg ou até mesmo maiores que 5,0 kg.

Produção nos ciclos 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018

Apesar do cenário positivo no período de 2013 a 2018, houve uma grande inconstância no número de produtores e do volume produzido nas fazendas. Em 2016, após ação conjunta do Ministério Público Federal (MPF), de gestores da APAMLN e de outros órgãos ambientais locais, houve uma retração na atividade de piscicultura marinha na região.

Produção estimada para o ciclo 2018/2019

A estimativa de produção para o ciclo 2018/2019, aparentemente mais otimista que a dos anos anteriores (entre 2015-2018), encontra-se descrita na Tabela 4.1. Para esse ciclo, a Redemar Alevinos produziu 80.000 juvenis de beijupirá.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O sistema de produção em tanques-rede próximos à costa é caracterizado por um sistema trifásico dividido em berçário, fase intermediária e fase de engorda (SAMPAIO *et al.*, 2011). A fase de berçário consiste em tanques menores com redes com abertura de malha de 3 a 5 mm, onde juvenis de 1,0 a 20 g são estocados pela primeira vez no mar. Diferentes fazendas estocam juvenis com diferentes tamanhos em função

da dinâmica do local e da qualidade de água, principalmente temperatura, pois as formas jovens são mais susceptíveis a temperaturas baixas (18 °C). Essa fase tem duração média de 30 dias, com os peixes atingindo de 40 a 80 g. Os juvenis são alimentados de quatro a seis vezes por dia com dietas comerciais de alta qualidade (50% de proteína e 9,0% de lipídeos) até a saciedade aparente (Figura 4.1). A densidade de estocagem inicial nessa fase é inferior a 1,0-2,0 kg por m³.

A segunda fase, denominada intermediária, é realizada em tanques maiores, com redes com abertura de malha de 10 a 12 mm, durante aproximadamente 4 meses. Nesse período, os peixes passam de 40 a 800 g e são alimentados duas a três vezes ao dia até a saciedade aparente com ração úmida ou comercial (Figura 4.1). A densidade inicial nessa fase é de aproximadamente 3,0 kg/ m³.

Tabela 4.1. Características das fazendas de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) na região Sudeste do Brasil.






	Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ	Ilha Rapada, Ubatuba, SP*	Praia Lagoinha, Ubatuba, SP*	Praia do Poço, Ilhabela, SP*	Ilha de Búzios, Ilhabela, SP	Toque toque Pequeno, São Sebastião, SP*	Baia do Flamengo, Ubatuba, SP*	Praia do Lázaro, Ubatuba, SP	Praia da Cerca, Guarapari, ES
Escala de produção	Média	Pequena	Pequena	Média	Média	Familiar	Pequena	Pequena	Pequena
Número de tanques	16	6	8	6	10	2	5	1	6
Descrição dos tanques	Circular (Ø = 6 e 16 m); retangular (3 x 6 m); PEAD**	Circular (Ø = 12 m); PEAD	Quadrado (5 x 5 m); Ferro galvanizado	Circular (Ø = 16 m); PEAD	Circular (Ø = 8 e 16 m); PEAD	Circular (Ø = 5 m); PEAD	Circular (Ø = 8 m); PEAD	Circular (Ø = 12 m); PEAD**	Circular (Ø = 8 m); retangular (2 x 3); PEAD**
Alimento	Ração comercial, dieta úmida, e descarte de pesca	Ração comercial e descarte de pesca	Ração comercial e descarte de pesca	Ração fabricada sob encomenda	Ração comercial	Ração comercial e descarte de pesca	Ração comercial e descarte de pesca	Ração comercial e descarte de pesca	Ração comercial
Alimentação	Juvenil: 3-x/dia Adulto: 1x/dia Saciedade	---	Juvenil: 2x/dia Adulto: 1-2x/dia Saciedade	Juvenil: 3-4x/dia Adulto: 2x/dia Saciedade	Juvenil: 3-5x/dia Adulto: 1-2x/dia Saciedade	Juvenil: 2x/dia Saciedade	---	---	Juvenil: 4x/dia Adulto: 2x/dia Saciedade
Produção (t) em 2013/2014	3,5	---	1,5	20,0	---	---	---	---	---
Produção (t) em 2014/2015	9,6	---	4,0 a 8,0	40,0 a 55,0	12,0	1,0 a 3,0	---	---	---
Produção (t) em 2015/2016	8,0	7,2	---	120,0	20,0	7,2	---	---	---
Produção (t) em 2016/2017	11 t	---	---	---	---	---	---	---	---
Produção (t) em 2017/2018	9 t	---	---	---	---	---	---	---	---
Produção (t) em 2018/2019	15 t	---	---	---	80,0	---	---	2,5 a 3,0	---
Alevinos estocados em 2019/2020	10 mil	---	---	---	30 mil	---	---	---	1 mil
Ciclo de produção (meses)	12-18	12	12	12	12	12	12	12 a 14	14 a 18
Peso de abate (kg)	4-5 e > 5	3 e 4	3 e 5	3 e 4,5	3,5 e 4	3 e 4	---	---	>3,5
Preço de venda peixe inteiro (R\$/kg)	35,00 a 40,00	---	42,00	35,00 a 40,00	40,00 a 43,00	---	---	30,00 a 40,00	38,00
Comercialização	Restaurantes	---	Restaurantes	Restaurantes	Distribuidora	Restaurantes	---	---	Restaurantes

* Fazendas sem produção atual; ** PEAD = polietileno de alta densidade;

Fonte: Elaborada pelos autores dos capítulos.

Figura 4.1 – Protocolo de alimentação utilizado na engorda do beijupirá (*Rachycentron canadum*) na região Sudeste do Brasil desde juvenis com peso de 1-40 g até o tamanho de comercialização (de 2,0 a 11 kg).

Protocolo engorda com diferentes alimentos

Fase de engorda	Peso Comprimento	Período de engorda Período na engorda	Dieta
 (berçário)	1 – 40 g 7 – 15 cm	1 mês (1 mês)	Ração comercial
 (intermediário)	40 – 800 g 15 – 30 cm	4 meses (5 meses)	Ração úmida
 (engorda)	800 g – 2 kg 30 – 40 cm	3 meses (8 meses)	
 (engorda)	2 – 5 kg 40 – 60 cm	4 meses (12 meses)	Rejeito
 (engorda)	5- 11 kg 60 – 90 cm	6 meses (18 meses)	

Fonte: Arquivo pessoal dos autores dos capítulos

A fase final é o período no qual o peixe apresenta crescimento acelerado, atingindo de 3,0 a 4,5 kg em sete meses. Nessa fase, os tanques são iguais ou maiores aos utilizados na fase anterior, porém com redes com abertura de malha maior ou igual a 20 mm. Os peixes são alimentados uma ou duas vezes ao dia até a saciedade aparente com rejeito/descarte de pesca ou ração comercial. A densidade de estocagem inicial nessa fase consiste em 5,0 kg.m⁻³.

As fazendas de médio porte utilizam densidades de estocagem superiores às de pequeno porte e de sistema familiar. Geralmente, a densidade de estocagem final é inferior ou igual a 14-15 kg.m⁻³, estando de acordo com as densidades alcançadas em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004). A capacidade de suporte do ambiente onde a fazenda está localizada determina a densidade de estocagem utilizada. As fazendas de São Sebastião estão situadas em áreas mais profundas e com uma maior circulação de água, possibilitando uma densidade de estocagem superior às fazendas localizadas em baías ou enseadas.

Caracterização dos sistemas utilizados na engorda

A engorda de beijupirá na região na região Sudeste ocorre em tanques-rede circulares, com 5 a 16 m de diâmetro, retangulares e quadrados com tamanhos variados (2 x 3, 3 x 6 m e 5 x 5 m). O volume útil dos tanques-rede varia conforme a profundidade do local. Geralmente, de 30 a 60 cm da rede fica fora d'água, preso ao corrimão dos tanques-rede para evitar a passagem de peixes. Em Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, a área de engorda fica a 50-100 m da costa, a uma profundidade de 7 a 15 m, dependendo do regime de maré. As fazendas em Ubatuba e São Sebastião, SP, também estão localizadas próximas à costa, porém em locais mais profundos, com 10 a 35 m de profundidade. Em Guarapari, ES, a criação fica a 50 m do costão rochoso e a 500 m da praia a uma profundidade média de 9 m.

QUALIDADE NUTRICIONAL DO BEIJUPIRÁ CRIADO

Os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa da família n-3, como o ácido docosahexaenóico (DHA) e o de ácido eicosapentaenóico (EPA), são considerados benéficos para a saúde humana, pois realizam funções essenciais no cérebro, coração e sistema cardiovascular. Esses ácidos graxos, quando consumidos em quantidades adequadas, auxiliam na melhoria e prevenção de doenças cardiovasculares, entre outras (ARANCETA & PÉREZ-RODRIGO, 2012). O perfil de ácidos graxos do filé geralmente reflete a composição da dieta fornecida aos peixes (TURCHINI; TORSTENSEN; NG, 2009). Dessa forma, a qualidade da dieta utilizada nos meses precedentes à despesca é essencial para garantir a qualidade do produto final. Devido a grande oferta de rejeito/descarte de pesca na região, as fazendas de pequena escala e de sistema familiar se beneficiam desse alimento de baixo custo e boa qualidade nutricional, utilizando-o como dietas de terminação, com o intuito de enriquecer o filé com ácidos graxos da família n-3. Recentemente, o perfil de ácidos graxos do filé do beijupirá criado na região Sudeste foi analisado com o intuito de avaliar a qualidade nutricional do peixe e possíveis benefícios para os consumidores (LANDUCI *et al.*, 2019). A composição de ácidos graxos do filé de beijupirás alimentados conforme o protocolo acima apresentou elevados níveis de ácidos graxos n-3. Em 100 g de filé de beijupirá contendo 10% de lipídio, havia 672 mg de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa da série n-3, dos quais 151 mg eram DHA e 427 mg de EPA. A recomendação de consumo diário de EPA + DHA, os ácidos graxos considerados nutricionalmente mais importantes, varia entre 500 mg a 2,0 g (ARANCETA & PÉREZ-RODRIGO, 2012). Assim, uma pessoa que consuma 100 g de filé de beijupirá por dia garantiria o nível diário recomendado, o que demonstra que o beijupirá é uma excelente fonte de ácidos graxos da série n-3.

MERCADO

O beijupirá ainda é desconhecido pelo mercado consumidor brasileiro, apesar de sua carne ser descrita como tendo excelente qualidade. Na região Sudeste, por exemplo, beijupirás selvagens são raramente capturados, fazendo com que o seu potencial de mercado seja questionado devido aos desafios em promover o consumo de uma espécie desconhecida, com um mercado inexistente.

Entretanto, a produção de beijupirá pela aquicultura tem sido responsável pela mudança desse cenário através da aceitação por parte dos consumidores locais, restaurantes e mercados de peixe fresco nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Devido à carne de excelente qualidade e a carência de produção de peixes marinhos, somado com a crescente demanda por peixes frescos, o beijupirá foi bem aceito. Surpreendentemente, o mercado consumidor do Rio de Janeiro e de São Paulo absorveu fácil e rapidamente a primeira produção de beijupirá da região. Claramente, esta ainda é uma produção inicial considerando o potencial do mercado consumidor dos dois maiores centros populacionais do Brasil. No entanto, é um bom indicador do potencial da criação de peixes marinhos e da procura por frutos do mar frescos.

A maioria da produção é absorvida por restaurantes de alta gastronomia, especialmente restaurantes japoneses mais sofisticados, onde o beijupirá é servido como sashimi. Devido à obtenção de filés altos, de carne branca e com textura favorável, os chefes japoneses apreciam esta espécie. Além disso, outros tipos de restaurantes, como os de culinária espanhola e mediterrânea, e também de hotéis de alta classe, servem beijupirá em uma variedade de formas buscando atender as necessidades e preferências do consumidor. Dessa forma, o beijupirá tem demonstrado ser um peixe bem versátil e que se adequa a várias culinárias, atraindo o interesse de diversos chefes e restaurantes.

Outro fator que contribui para a aceitação do beijupirá produzido na região Sudeste é o frescor do produto final graças à proximidade das fazendas marinhas ao mercado consumidor. A maioria das fazendas de cultivo está localizada a menos de 3-4 horas por rodovia, permitindo um transporte rápido e de baixo custo. Geralmente,

os peixes são despescados pela manhã e no início da tarde são entregues nos restaurantes, sendo servidos no mesmo dia. Como resultado, um produto fresco e de alta qualidade é entregue diretamente das fazendas para os restaurantes.

O promissor mercado atraiu o interesse de pequenos e médios empresários com o intuito de desenvolver e aprimorar a criação em tanques-rede. Através da crescente demanda por peixes frescos de alta qualidade, é esperado o aumento da produção de beijupirá em tanques-rede nessa região e eventualmente em todo o Brasil.

TAMANHO E PREÇO DE VENDA

O beijupirá produzido em cativeiro começou a ser comercializado no início de 2012. Devido à carência de juvenis produzidos em laboratório nos anos anteriores, as fazendas pioneiras, principalmente a de Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, prolongaram o período de engorda para 18 meses, com o intuito de manter o ciclo de produção e entender mais sobre a biologia e o crescimento da espécie na região. Nesse prolongado período de engorda, os peixes atingiram, em média, 11 kg. Com a extensão do período de engorda de 12 para 18 meses, os peixes atingiram o dobro do peso inicialmente esperado, que era entre 4,0 e 5,0 kg. A comercialização deste produto, porém, foi bem aceita pelos restaurantes.

Atualmente, o beijupirá é comercializado em três classes de tamanho: 3,0 kg, 4-5 kg e superior a 5,0 kg. A primeira classe de tamanho é destinada para mercados com maior volume, como supermercados; a segunda é destinada a restaurantes em geral; e a terceira classe é um produto 'premium' destinado a restaurantes mais sofisticados. Os fatores que influenciam o tamanho de comercialização são o tamanho da fazenda, custos operacionais e logísticos (dietas, manejo, monitoramento, etc.) e riscos associados com o prolongado período de criação. Geralmente, as fazendas de médio porte enfatizam a despesca de peixes entre 2,5 e 3,5 kg e de 4,0 a 5,0 kg, devido à redução dos custos operacionais e dos riscos de produção. O grande volume comercializado permite alcançar uma boa margem de lucro mesmo com peixes relativamente menores. As fazendas familiares e de pequeno porte, por produzirem um volume menor, despescam peixes maiores (entre 4,0 e 5,0 kg e superior a 5,0 kg) e, portanto, de maior valor.

Nas fazendas de médio porte, o ciclo de produção é geralmente menor ou igual a 12 meses, e o produto comercializado varia entre a primeira e segunda classe de tamanho. Nesse tipo de operação, longos ciclos de produção são inviáveis devido ao elevado risco e alto custos operacionais, principalmente a alimentação. Entretanto, em fazendas familiares ou de pequeno porte, os riscos são menores devido ao menor número de tanques, facilidade de manejo e utilização de rejeito/descarte de pesca. Neste caso, os tamanhos de comercialização variam entre a segunda e terceira classe.

Em 2019, o preço de venda do beijupirá fresco produzido em cativeiro era de aproximadamente R\$ 35,00-43,00.kg⁻¹ de peixe inteiro ou eviscerado, como resultado de uma produção ainda limitada e uma crescente demanda por peixes marinhos frescos. Algumas fazendas vendem a preços superiores, dependendo da logística, da presença de um intermediário e do tamanho do peixe comercializado (Tabela 4.1). Porém, para os consumidores, o preço pode alcançar até R\$ 50.kg⁻¹ nas peixarias. O elevado preço de venda é favorável para as fazendas que têm de lidar com altos custos operacionais, incluindo tanques-rede, malhas de rede e, particularmente, os custos com alimentação e aquisição de juvenis. Isso tem permitido que os produtores sejam capazes de manter a produção devido ao elevado preço de venda, mas espera-se que o preço diminua em um curto prazo impulsionado pelo aumento de produção e oferta.

NICHO DE MERCADO

A produção de beijupirá em tanques-rede próximos à costa, como praticado na região Sudeste, pode ser caracterizado como um nicho de mercado promissor, incluindo aspectos como frescor, rastreabilidade e produto de alta qualidade. Para estabelecer

um nicho de mercado é necessário que haja uma demanda por um produto específico e, mais importante ainda, o fornecimento constante de um produto de alta qualidade. A aquicultura apresenta os benefícios de produção com controle sobre o ciclo de produção para atender às exigências dos consumidores em termos de previsão de produção, consistência no tamanho e na qualidade do produto final.

Neste contexto, o beijupirá criado em tanques-rede já estabeleceu um incipiente nicho de mercado. No entanto, é importante destacar a necessidade de apoio da indústria e esforço constante de marketing para que esse nicho possa ser expandido.

INTERAÇÃO COM A SOCIEDADE

Turismo

Devido às belezas naturais e a variedade de ambientes, o litoral da região Sudeste oferece perfeitas condições para diversas outras atividades de lazer, como esportes aquáticos, atividades ao ar livre, passeios ecológicos, entre outras. O turismo é uma das principais atividades econômicas da região e, de certa forma, direcionou o desenvolvimento da piscicultura marinha devido à preocupação com a parte estética das criações de peixe em relação a poluição visual, e também em relação aos resíduos gerados pela criação. Dessa forma, práticas sustentáveis com preocupação com o ambiente adjacente e a biodiversidade local são exigidas. Por outro lado, e ao mesmo tempo, o turismo é uma excelente ferramenta para introduzir o conceito de piscicultura marinha, e aquicultura em geral, para o público, ressaltando as boas práticas, a beleza e os aspectos positivos da criação de peixes de forma responsável.

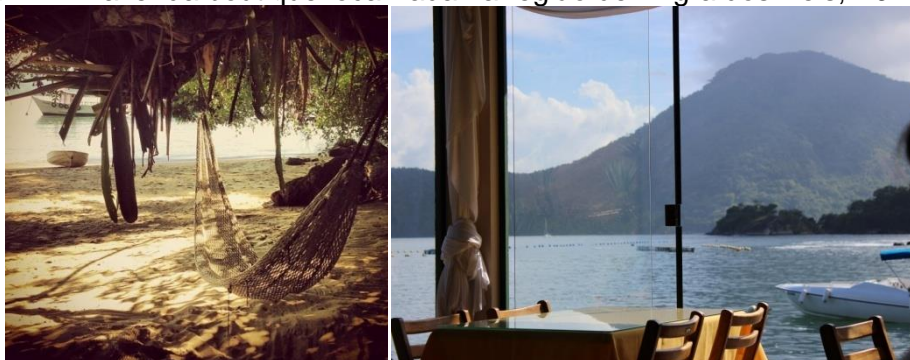
Projetos sociais

O desenvolvimento da piscicultura marinha nessa região também está associado com projetos sociais. Por exemplo, a Prefeitura de São Sebastião realizava atividades com maricultores locais, garantindo juvenis a preço de custo, capacitação dos produtores através de uma unidade demonstrativa e recepcionava estudantes locais em parceria com um dos produtores locais através de uma lei municipal. Em Angra dos Reis ocorre anualmente o Festival do Peixe, que busca divulgar a piscicultura marinha da região através da apresentação de exemplares de beijupirá em aquário demonstrativo. Além disso, a Secretária de Pesca e Aquicultura de Angra dos Reis realiza oficinas com a comunidade com intuito de demonstrar a prática de criação de peixes marinhos e educar sobre a situação da pesca e aquicultura.

Fazendas ‘boutique’

O conceito de fazendas ‘Boutique’ é baseado em criações familiares de pequena escala (Figura 4.2). Este termo foi introduzido por BENETTI (2014), que relatou o potencial regional das fazendas marinhas para a produção de peixes destinada a consumidores que buscam qualidade e frescor dos peixes, e que também estão dispostos a pagar mais para consumir esses produtos, enquanto apreciam a bela paisagem. Esta abordagem difere de operações tradicionais de produção de peixes marinhos e é caracterizada por densidades de estocagem mais baixas e foco na qualidade do produto final e frescor, alcançando um preço de venda mais elevado para este nicho de mercado (ROMBENSO *et al.*, 2016). Geralmente, os peixes são despescados algumas horas antes de serem servidos e alguns compradores escolhem seu produto, o que proporciona uma sensação única ao consumidor final.

Figura 4.2 – Fazenda boutique localizada na região de Angra dos Reis, RJ.

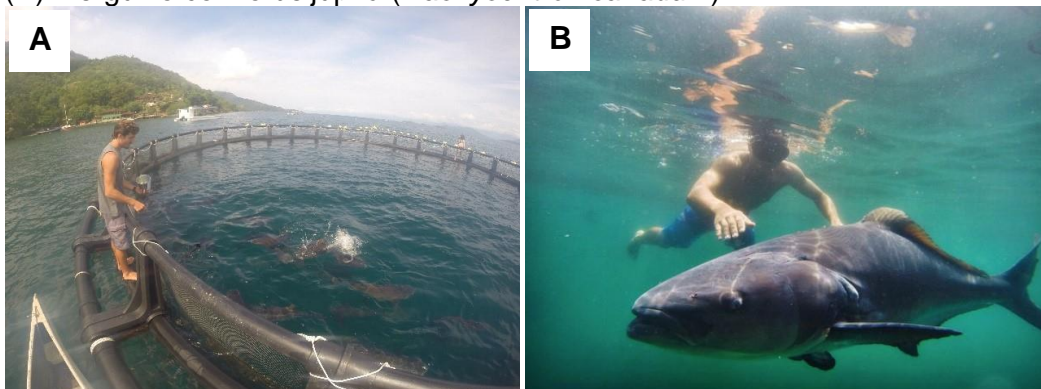


Fonte: Arquivo pessoal dos autores dos capítulos

Piscicultura marinha interativa

Uma faceta adicional interessante e original é a piscicultura marinha interativa. Este conceito tem como objetivo demonstrar os benefícios da piscicultura marinha ao público em geral, permitindo a oportunidade de interagir com as práticas da atividade (Figura 4.3). Geralmente, este tipo de abordagem é realizado em regiões ambientalmente preservadas, existindo uma interação entre turistas e piscicultura marinha (ROMBENSO *et al.*, 2016). Porém, essa prática amplia a compreensão do visitante, através de uma série de atividades, incluindo visitas guiadas, alimentação interativa, e mergulho com cilindro e *snorkeling* em torno dos tanques-rede. Essas interações propiciam uma oportunidade para o público aprender mais sobre a importância global e regional da piscicultura marinha.

Figura 4.3 – Exemplos de piscicultura interativa: (A) prática de alimentação e (B) mergulho com o beijupirá (*Rachycentron canadum*).



Fonte: Arquivo pessoal dos autores dos capítulos

PRINCIPAIS ENTRAVES

Atualmente, os produtores consideram que o maior entrave para a produção de beijupirá na região Sudeste é a dificuldade na obtenção da cessão de uso de águas da União e o licenciamento ambiental exigido para a atividade em fazendas com volume de tanques-rede acima de 1.000 m³. As autoridades do estado de São Paulo, em especial o Ministério Público Estadual e a Secretaria de Meio Ambiente, e as APAs marinhas, que ocupam quase a totalidade do território marinho da costa paulista, ainda enxergam a maricultura como uma atividade potencialmente poluidora e não como uma possível ferramenta de apoio à preservação ambiental. Essa percepção tem influenciado na flutuação do número de produtores ao longo dos anos e também tem dificultado a implantação de empreendimentos de maior porte. Esse cenário é diferente no estado do Rio de Janeiro, onde as autoridades entendem e apoiam a atividade da maricultura.

Outro entrave tem sido a pequena demanda em relação à capacidade produtiva de juvenis. Este aumento da capacidade produtiva está relacionado à uma melhora significativa na sobrevivência na fase de larvicultura, atualmente acima de 25%, ao longo dos anos.

A disponibilidade reduzida de dietas comerciais com qualidade satisfatória e específica para o beijupirá, que por muito tempo constituiu um dos principais problemas para a engorda da espécie, tem se alterado. Durante anos, os fabricantes de ração não detinham a tecnologia de produção de dietas específicas para peixes marinhos, o que resultava em dietas inadequadas e de qualidade variável. Com elevada conversão alimentar, ocorrência de doenças e alta mortalidade, alguns produtores abandonaram a atividade. Isso foi superado a partir de 2017. Atualmente, empresas nacionais vêm atendendo os produtores com dietas satisfatórias, obtendo-se resultados positivos. Mesmo assim, alguns criadores com facilidade na obtenção de resíduo/descarte de pesca ainda utilizam este produto conjuntamente com a ração comercial. Deve-se ressaltar que, uma vez que o alimento influencia diretamente na velocidade de crescimento, qualidade da carne, qualidade da água, custo de produção, saúde e estado sanitário, a qualidade do alimento deve ser priorizada.

Na região Sudeste, há ocorrência de doenças e parasitas que vem afetando de forma significativa a produção e a qualidade deste peixe em cativeiro, como os parasitos monogenea *Neobenedenia melleni* e o dinoflagelado *Amyloodinium ocellatum* (vide capítulos 10 e 11 deste volume). Sinais clínicos de lesões ulcerativas indicando bacteriosis (bactérias gram negativas ainda não identificadas) também são comumente observados. O aparecimento de parasitos e doenças é agravado devido à escolha de locais impróprios para a instalação das estruturas (baixa profundidade e pequena área de diluição de rejeitos), alta densidade, ausência de manejo estratégico focando em banhos preventivos de água doce, manejo inadequado (alta densidade, acidentes com redes, falta de automação, etc.) e alimentação de baixa qualidade. No entanto, criadores em locais adequados e com bom manejo têm tido poucos problemas com patógenos.

A disponibilidade, frequência, qualidade e preço de juvenis de beijupirá constituem outros obstáculos para a produção. Por ser um peixe tropical, a maioria dos laboratórios que operaram foram capazes de produzir juvenis somente durante os meses mais quentes. Assim, se o produtor perder o período de compra, terá que esperar até o ano seguinte para adquirir juvenis. Além disso, só há um laboratório privado de produção de juvenis, o que resulta em alto custo de manutenção e preço de juvenis relativamente elevado. Anos atrás, o preço dos juvenis era R\$ 2,50 por indivíduo, mas atualmente o preço da unidade pode passar de R\$ 5,00. Nesse aspecto, faltam financiamento e incentivo governamental para sustentar uma produção constante de formas jovens. Outro ponto que vale ser ressaltado é o acompanhamento da variabilidade genética dos reprodutores. Como a manutenção de reprodutores é uma atividade de alto custo, ainda não foi possível a implantação de um programa de melhoramento animal, iniciativa essencial para o sucesso de qualquer atividade agropecuária, inclusive a aquicultura. Dessa forma, é esperada uma inconstância em termos de qualidade de juvenis que poderá resultar em diferentes níveis de produção.

REFERÊNCIAS

- ARANCETA, J.; PÉREZ-RODRIGO, C. Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. **British Journal of Nutrition**, v. 107, p. 8-22, 2012.
- BENETTI, D. Boutique fish farms – environmentally conscientious aquaculture concept being developed in Brazil. **Global Advocate Aquaculture**, March/April, 2014. Disponível em: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/boutique-fish-farms-brazil/>
- LANDUCI, F.S. *et al.* Common moist diet replacement to promote sustainable cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus) near-shore farming in Brazil. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 139-147, 2019.
- LIAO, I.C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.

- MUEHE, D.; NICOLODI, J.L. Geomorfologia. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (org.), **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. pp. 23-58, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília, DF, Brasil, 2008.
- ROMBENSO, A.N.; SAMPAIO, L.A.; SCHWARZ, M.H. Closing the cobia life cycle in Brazil. **Hatchery International**, set/oct, p. 20-21, 2011.
- ROMBENSO, A.N. *et al.* Culture of Caranx species [Horse-eye Jack *Caranx latus* (Agassiz), Blue Runner *Caranx crysos* (Mitchill), and Crevalle Jack *Caranx hippos* (Linnaeus)] in near-shore cages off the Brazilian coast during colder months. **Aquaculture Research**, v. 47, p. 1687-1690. 2014.
- ROMBENSO, A.N.; LISBOA, V.; SAMPAIO, L.A. Mariculture in Rio de Janeiro, Brazil. **Global Advocate Aquaculture**, Mar/apr, p. 42-44, 2014.
- ROMBENSO, A.N. *et al.* Nearshore marine finfish culture: a small-scale pilot initiative in southern Brazil. **World Aquaculture**, v. 47, p. 14-18, 2016.
- SAMPAIO, L.A. *et al.* Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L) in near-shore cages off the Brazilian coast. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 832-834, 2011.
- TURCHINI, G.M.; TORSTENSEN, B.E.; NG, W.-K. Fish oil replacement in finfish nutrition. **Reviews in Aquaculture**, v. 1, p. 10-57, 2009.

CAPÍTULO 5

IMPACTO AMBIENTAL DA CRIAÇÃO DO BEIJUPIRÁ EM GAIOLAS FLUTUANTES NA COSTA DE PERNAMBUCO

Larissa Neves Simões de Souza Lima
Ana Paula Klein
Bárbara de Cassia Soares Brandão
Washington Santos
Santiago Hamilton
Ernesto de Carvalho Domingues
Carlos Augusto França Schettini
Taciana Kramer de Oliveira Pinto
Luis Henrique da Silva Poersch
Ronaldo Olivera Cavalli

A rápida expansão da produção mundial de peixes em gaiolas (tanques-rede) instaladas em ambientes marinhos tem levantado dúvidas em relação à sustentabilidade dessa atividade (READ *et al.*, 2001; TSAGARAKI *et al.*, 2011). À medida que a produção de organismos aquáticos aumenta, a tendência é de que os impactos sobre o ambiente também se intensifiquem (HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008). Além disso, ao impactar o ambiente onde a atividade está inserida, esta passa a ter o seu próprio futuro comprometido (DOMÍNGUEZ; MARTIN, 2005). Assim, para evitar ou minimizar possíveis impactos sobre o meio ambiente, é fundamental dispor de diretrizes claras, concisas e com base científica que assegurem o desenvolvimento sustentável da atividade (IUCN, 2007).

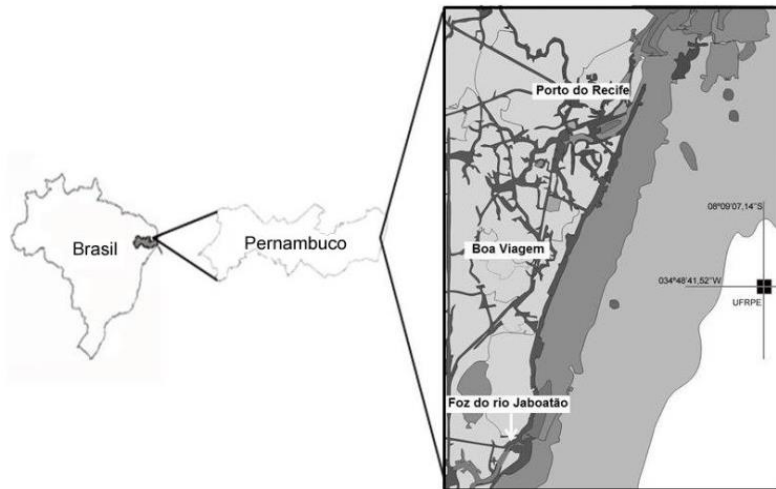
Um dos problemas ambientais comumente relacionados à piscicultura marinha em gaiolas é a liberação de efluentes ricos em nutrientes dissolvidos, como nitrogênio e fósforo, e matéria orgânica (DEAN *et al.*, 2007; SANZ-LÁZARO; MARÍN, 2011). Em sistemas intensivos de criação, estima-se que 75% dos nutrientes fornecidos pela alimentação não sejam incorporados pelos peixes, permanecendo no ambiente na forma dissolvida ou particulada (DOMINGUEZ; MARTÍN, 2005; HOLMER *et al.*, 2005; MORATA *et al.*, 2015). Borja (2002) relatou que 85% do fósforo e de 52% a 95% do nitrogênio oferecidos aos peixes através da ração podem ser liberados ao meio marinho. Embora a maior parcela dos nutrientes e da matéria orgânica liberada ao ambiente decorra principalmente da degradação da ração não consumida e das fezes, alguns autores (LUPATSCH; KISSIL, 1998; TSAPAKIS *et al.*, 2006) ressaltam que o nitrogênio excretado pelos peixes em forma de ureia e amônia também contribui para o aporte de nutrientes, o que pode gerar concentrações relativamente altas de nitrogênio e fósforo dissolvidos, assim como de sólidos suspensos.

Considerando que os resíduos tendem a se acumular abaixo e ao redor das gaiolas (VITA; MARIN, 2007; YUCEL-GIER *et al.*, 2007), a comunidade bentônica tem sido utilizada como indicador de impactos ambientais (KARAKASSIS *et al.*, 2000; VITA; MARIN, 2007). Em vista disso, este estudo avaliou o impacto causado pela criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes na costa de Pernambuco sobre o sedimento e a estrutura da macrofauna bentônica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda de criação de beijupirá, parte do Projeto “Cação de Escama”, instalada a cerca de 5 km da praia de Boa Viagem, Recife, Pernambuco (08°09'07,14”S; 034°48'41,52”W) (Figura 5.1). O local possui profundidade média de 24 m e características típicas de ambientes oligotróficos, sendo recoberto por sedimentos biogênicos carbonáticos (cascalhos) e areias (COUTINHO, 1976).

FIGURA 5.1 – Localização da fazenda de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) do projeto “Cação de Escama”, sinalizada como “UFRPE”, no município do Recife, litoral de Pernambuco, Brasil.

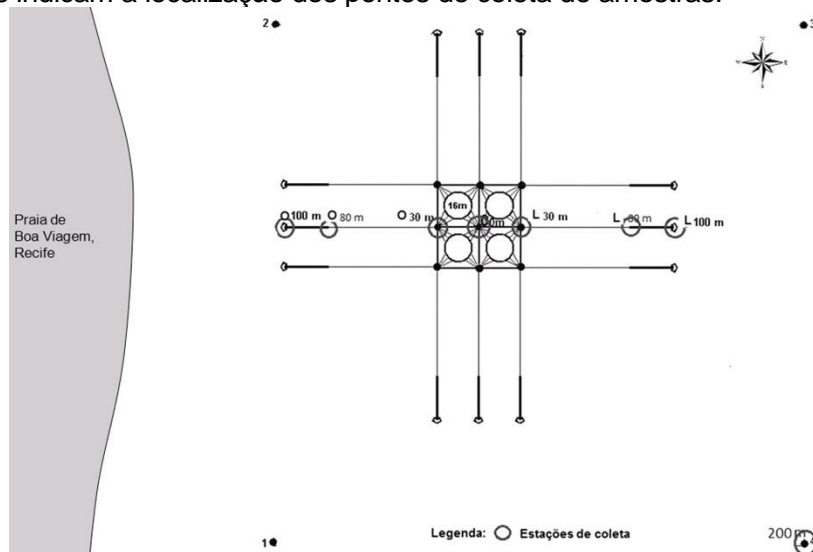


Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

A criação de beijupirá foi realizada em quatro gaiolas flutuantes com volume unitário de aproximadamente 1.200 m³. Em dezembro de 2010, 15 mil juvenis com peso médio de 150 g foram estocados a uma densidade de 3 peixes.m⁻³. A criação teve duração de 10 meses, sendo as amostras para o estudo de impacto ambiental coletadas em três momentos: no início da criação (09 de fevereiro de 2011: coleta inicial), durante a fase de engorda dos peixes (09 de agosto de 2011: coleta intermediária) e após a retirada dos peixes (07 de dezembro de 2011: coleta final). Ao longo da criação, os peixes foram alimentados diariamente com uma ração comercial com 42% de proteína bruta e 8% de lipídios totais. Um total de 14.310 kg de ração foi ministrado ao longo do ciclo de produção, com um aporte estimado de 961,7 kg de nitrogênio.

Oito pontos amostrais foram estabelecidos (Figura 5.2). Além de um ponto no centro das quatro gaiolas (0 m), amostras foram coletadas em dois transectos, um em direção à costa (oeste) e outro na direção oposta, para mar aberto (leste). Cada transecto tinha três pontos amostrais, a 30 m, 80 m e 100 m do ponto central, além de um a 200 m na direção sudeste (controle).

FIGURA 5.2 – Localização dos pontos amostrais na fazenda marinha de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) na praia de Boa Viagem, no Recife, Pernambuco. Os círculos indicam a localização dos pontos de coleta de amostras.



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

A temperatura, salinidade e concentração de oxigênio dissolvido foram mensuradas com um medidor multiparâmetro (Yellow Spring Instruments, EUA) a 20 m de profundidade, ou seja, a uma distância de 4,0 m do leito marinho, em cada ponto amostral e em todos os momentos de coleta, sendo uma repetição por ponto. As amostras de água para a quantificação da concentração de nitrogênio total (Nt) foram coletadas com uma garrafa de Niskin em todos os pontos amostrais também a 20 m de profundidade (Figura 5.3). As amostras foram armazenadas em frascos plásticos de 300 ml, mantidas em gelo na embarcação, e imediatamente congeladas para posterior análise. Durante o transporte ao laboratório, os frascos foram mantidos em gelo seco para permanecerem congelados. A concentração de Nt foi determinada com um multianalisador (WTW PhotoLab S6).

Figura 5.3 – Coleta de amostras de água: (A) Amostragem com garrafa de Niskin; (B) Recipientes utilizados para transportar as amostras; e (C) Kits e aparelhos utilizados na determinação da concentração de nitrogênio total nas amostras de água.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

A biomassa de fitoplâncton foi estimada em todos os pontos amostrais por meio da análise de clorofila *a* por fluorimetria (WELSCHMEYER, 1994). Amostras de 150 ml de água foram mantidas no escuro até a chegada em terra, onde foram filtradas em bomba a vácuo com filtros de fibra de vidro (GF/F 47 mm). Estes foram envolvidos em papel-alumínio e congelados para posterior análise. Os pigmentos foram extraídos no escuro, durante 24 h, a uma temperatura de -18 °C, em acetona 90% (Merck® PA). A leitura foi realizada no fluorímetro Turner TD-700.

A estrutura da comunidade bentônica foi analisada a partir da coleta de três amostras em cada ponto amostral (Figura 5.2) com um *corer* de PVC com 10 cm de diâmetro interno, os quais foram inseridos nos 20 cm superiores do sedimento (Figura 5.4). As amostras foram fixadas em formaldeído salino a 4,0% e lavadas em peneira geológica com malha de 300 µm, sendo o material retido fixado em álcool a 70% e corado com rosa de bengala. Os animais foram triados, identificados em nível taxonômico mais baixo possível e quantificados, sendo todos os indivíduos da classe Polychaeta identificados até o nível de família (RUPPERT *et al.*, 2005; BRUSCA; BRUSCA, 2007).

Para a análise granulométrica e do teor de carbonatos, uma amostra do sedimento foi coletada em cada ponto amostral, em um único momento. Cerca de 100 g de sedimento previamente seco até obter peso constante em estufa a 80 °C foi peneirado em malhas de 2.000, 1.000, 500, 250, 125 e 63 µm (SUGUIO, 1973). As frações de sedimento retidas em cada peneira foram pesadas; e os sedimentos, classificados de acordo com Wentworth (1922). Os teores de carbonato de cálcio e de carbono foram obtidos pelos métodos de Gross (1971) e Wallner-Kersanach *et al.* (2010), respectivamente, em uma repetição por ponto amostral.

O teor de carbono no sedimento foi determinado em amostras coletadas por mergulhadores com *corers* de PVC (Figura 5.4). A camada mais superficial do sedimento foi retirada com auxílio de espátula de inox e armazenada em pequenos frascos de vidro com tampa de plástico coberta com papel-alumínio. Os frascos foram imediatamente congelados até o processamento no laboratório. O analisador elementar CHNS/O (Série 2400 Series II, Perkin Elmer) foi utilizado seguindo Wallner-Kersanach *et al.* (2010).

A direção e a velocidade da corrente foram estimadas por um perfilador acústico de correntes por efeito *Doppler* (PACD; Nortek A/S modelo Aquadop Profiler de 1.000 kHz) instalado na proximidade das gaiolas no período de 02 de junho a 19 de outubro de 2011 pela equipe do Laboratório de Hidrodinâmica Costeira, Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco.

Figura 5.4 – Coleta das amostras de sedimentos: (A) Mergulhador coletando amostra de sedimento com auxílio de *corer* de PVC; (B) Amostras de sedimento secando em estufa; (C) Analisador elementar CHNS/O; e (D) Saída dos resultados da análise no equipamento.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Dados de uma série histórica de observações diárias da vazão do Rio Pirapama, ao longo de 20 anos (1986-2006), foram coletados no Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA). As médias mensais foram calculadas a partir desses dados.

Análises uni e multivariadas dos dados de abundância e densidade das famílias de Polychaeta foram aplicadas para verificar alterações nos descritores da comunidade em relação à criação de beijupirá. Os índices de riqueza de Margalef (d), a diversidade de Simpson ($1-\lambda'$) e a equitatividade de Pielou (J') foram calculados. Os dados não transformados foram então comparados utilizando análise de variância (Anova) não paramétrica do tipo Kruskal-Wallis e o teste de Tukey para comparação de médias a *posteriori*.

Para descrever o padrão de distribuição das amostras de bentos em diferentes momentos e locais de coleta, foi utilizada a análise de escalonamento multidimensional (MDS) baseada nos dados de abundância das famílias de Polychaeta e nos mesmos dados, porém sem a família Syllidae. Também foi aplicada a análise de similaridade do tipo Anosim para comparar a estrutura das assembleias de Polychaeta nos diferentes momentos de coleta e distâncias das gaiolas de criação. A análise de Bioenv foi utilizada para identificar o grupo de parâmetros abióticos mais fortemente relacionado com a estrutura das assembleias de Polychaeta, e a análise Relate foi utilizada para identificar se essa correlação era estatisticamente significativa. Para as análises multivariadas, foi construída uma matriz de similaridade utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis para os dados

não transformados. Para verificar tendências e comparar os parâmetros ambientais medidos nos diferentes momentos de coleta, foram utilizadas análises dos componentes principais (PCA) e análise de variância (ANOVA) não paramétrica do tipo Kruskal-Wallis, seguida do teste de Tukey, para comparação de médias *a posteriori*. Essas análises foram realizadas com os pacotes estatísticos Primer v.6.1.6, SigmaPlot 11.0 e Statistica 7.0.

RESULTADOS

A fração arenosa foi predominante em todas as amostras de sedimento, representando mais de 60% dos grãos, sendo 0,7% os valores máximos registrados de silte mais argila (Tabela 5.1). O teor de carbonato de cálcio nas amostras variou de 50,7% a 71,4%.

A variação espacial dos parâmetros ambientais entre as estações de coleta foi, de forma geral, pouco acentuada (Figura 5.5). Apenas a concentração de Nt na água apresentou valor mais elevado na estação a 30 m a leste da fazenda marinha (L30). Porém, a ausência de repetições impossibilitou a comparação desses valores em relação às demais estações.

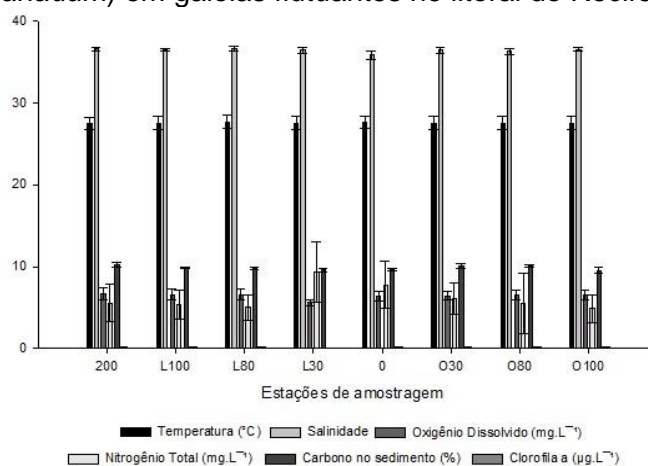
Em relação aos diferentes momentos de coleta, a temperatura da água variou entre 26,1 °C e 29,1 °C, sendo o menor valor registrado na coleta intermediária. A salinidade variou entre 34,9 e 37,1, enquanto a concentração de oxigênio dissolvido na água próximo ao fundo variou de 5,18 a 7,77 mg.l⁻¹, com os valores mais baixos observados na amostragem final.

Tabela 5.1 – Composição granulométrica (%) e concentração de carbonato de cálcio (%) no sedimento das estações amostradas na área de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes no litoral de Pernambuco.

Tipo de sedimento	Estações							
	200	L100	L80	L30	0	O30	O80	O100
Cascalho	38,8	26,2	19,1	15,3	25,1	29,4	26,8	27,3
Areia MG	22,1	26,5	37,3	30,3	28,1	28,2	34,7	24,9
Areia G	17,6	19,1	21,9	24,0	23,9	24,7	16,7	18,8
Areia M	14,3	18,5	14,3	21,2	16,0	13,6	12,9	16,7
Areia F	5,6	9,0	6,6	8,7	6,2	3,6	8,0	10,8
Areia MF	0,8	0,6	0,6	0,5	0,6	0,2	0,6	1,2
Silte + argila	0,7	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
Carbonato de cálcio	62,7	50,7	71,4	65,7	51,5	58,0	63,0	60,4

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

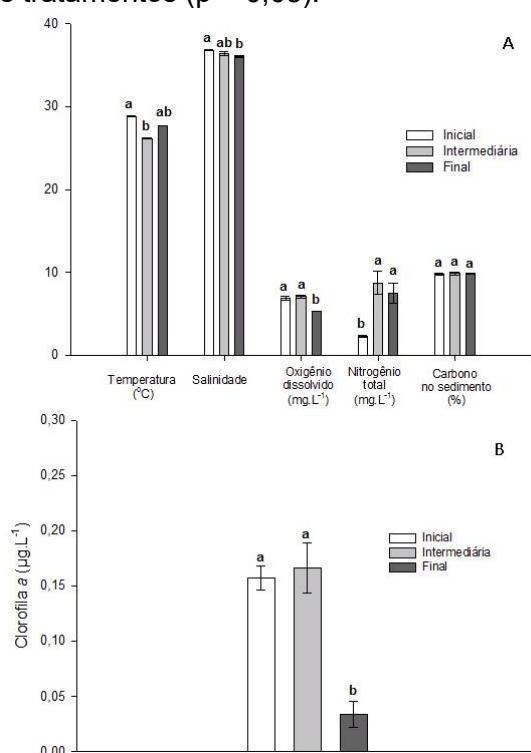
Figura 5.5 – Valores médios (\pm EP) das variáveis ambientais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, carbono no sedimento e clorofila a) nos diferentes pontos de amostragem na área de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes no litoral do Recife, PE.



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

O teor de carbono no sedimento variou entre 9,07% e 10,69%; e a concentração de Nt na água, entre 1,54 e 14,00 mg.l⁻¹, sendo os menores valores (entre 1,54 e 3,08 mg.l⁻¹) observados na coleta inicial. Nas coletas intermediária e final, as concentrações de Nt variaram entre 4 e 14 mg.l⁻¹ e entre 2 e 12 mg.l⁻¹, respectivamente (Figura 5.6A). A concentração de clorofila a variou entre 0,01 e 0,25 µg.l⁻¹, sendo os menores valores registrados na coleta final (Figura 5.6B). A análise de variância não paramétrica Kruskal-Wallis possibilitou verificar que todas as variáveis apresentaram diferenças significativas entre momentos de coleta, com exceção do carbono no sedimento. As principais diferenças foram registradas entre a coleta inicial e as demais coletas (Figura 5.6).

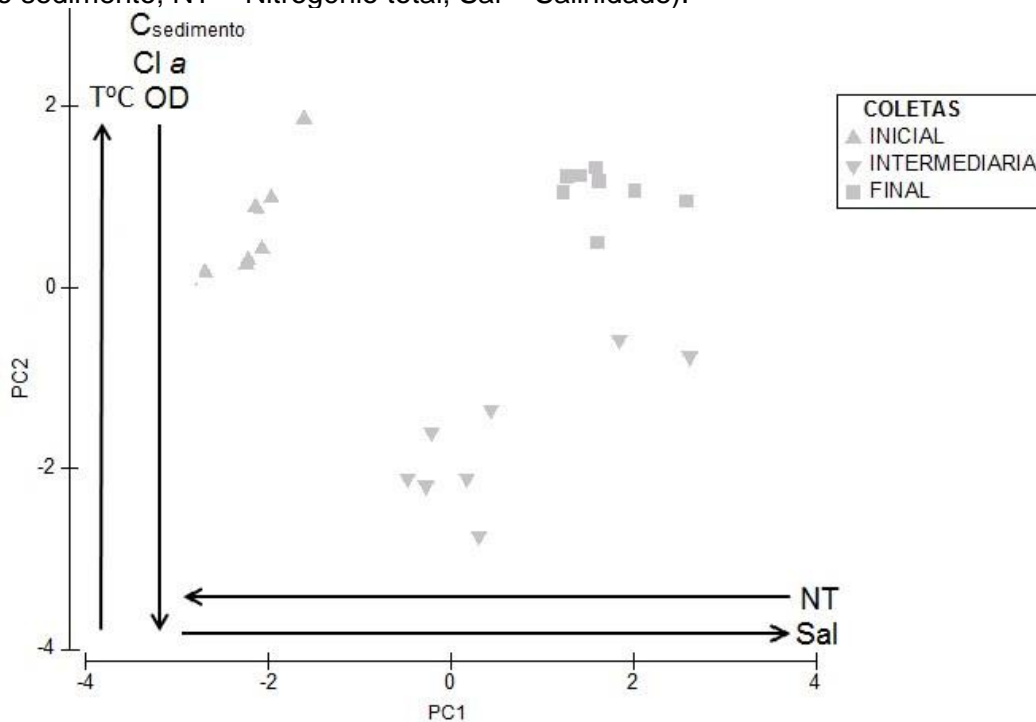
Figura 5.6 – Valores médios (± EP) das variáveis de qualidade da água (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e nitrogênio total) e teor de carbono no sedimento **(A)** e concentração de clorofila a **(B)** nos diferentes momentos de amostragem. Letras diferentes para a mesma variável representam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

A análise dos componentes principais indicou que os primeiros dois eixos foram responsáveis por 70,5% da variância total dessas variáveis entre as coletas. O eixo 1 explicou 44,3%; e o eixo 2, 26,2% (Figura 5.7). Nitrogênio (0,442) e salinidade (-0,418) foram as variáveis com maior peso no eixo 1, indicando uma relação inversamente proporcional entre as duas, ou seja, à medida que a salinidade aumentava o nitrogênio total diminuía e vice-versa. As variáveis com maior peso no eixo 2 foram temperatura (0,577), oxigênio dissolvido (-0,517), concentração de clorofila a (-0,503) e teor de carbono no sedimento (-0,189), sendo a temperatura inversamente proporcional às outras variáveis. Os fatores do diagrama em relação ao eixo 2 mostram uma clara diferenciação entre as coletas inicial e intermediária/final (Figura 5.7).

Figura 5.7 – Análise dos componentes principais (ACP) aplicada aos dados ambientais para amostras em diferentes momentos durante a criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral do Recife, Pernambuco (T °C = Temperatura; OD = Concentração de oxigênio dissolvido; Cl a = Clorofila a; C_{sedimento} = Carbono no sedimento; NT = Nitrogênio total; Sal = Salinidade).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

Com relação à comunidade da macrofauna bentônica, foram identificados 54 táxons na região do estudo, sendo os Polychaeta dominante em todas as coletas e responsável por mais de 45% do total de animais coletados. Entre os Polychaeta, foram identificadas 31 famílias (Tabela 5.2). A mais abundante foi Syllidae (58,2%), seguida de Dorvilleidae (6,5%), Phylodocidae (3,9%), Paraonidae (3,5%), Goniadidae (3,2%), Hesionidae (2,5%), Pisionidae (2,5%), Eunicidae (2,4%) e Nereididae (2,1%) (Tabela 5.2). Levando em consideração os pontos de coleta, as famílias apresentaram variabilidade nos valores de densidade; porém, o resultado da análise de similaridade (Anosim 2-way crossed) aplicada a esses dados, tendo “local” e “momento da coleta” como fatores, indicou que a variabilidade entre pontos amostrais não foi significativa (Rglobal 0,004 e $p = 0,46$). Os pontos amostrais foram então considerados repetições temporais da área da fazenda marinha.

As densidades médias das principais famílias de Polychaeta na coleta inicial variaram entre 127 e 28.025 ind.m⁻², sendo o maior valor encontrado para Syllidae, seguida de Dorvilleidae (6.369 ind.m⁻²), Paraonidae (4.968 ind.m⁻²), Eunicidae e Phylodocidae (3.949 ind.m⁻²), Pisionidae (3.567 ind.m⁻²), Goniadidae (3.057 ind.m⁻²) e Hesionidae e Nereididae (2.929 ind.m⁻²). Nas coletas intermediária e final, as densidades médias variaram entre 127 e 109.299 ind.m⁻² e 127 e 122.166 ind.m⁻², respectivamente. Novamente, Syllidae foi dominante, apresentando um aumento na densidade média na coleta intermediária de cerca de quatro vezes o registrado na coleta inicial, permanecendo abundante na coleta final (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 – Densidade (indivíduo.m⁻²) média (\pm DP) das famílias de Polychaeta amostradas no entorno das gaiolas flutuantes de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral do Recife, Pernambuco.

Famílias	Coleta inicial	Coleta intermediária	Coleta final
Syllidae	1168 \pm 15	4554 \pm 29	5090 \pm 19
Dorvilleidae	265 \pm 4	308 \pm 3	632 \pm 3
Paraonidae	207 \pm 2	175 \pm 3	276 \pm 2
Eunicidae	165 \pm 2	175 \pm 3	111 \pm 1
Phyllodocidae	165 \pm 2	207 \pm 2	345 \pm 2
Pisionidae	149 \pm 1	212 \pm 2	111 \pm 1
Goniadidae	127 \pm 1	127 \pm 1	334 \pm 3
Hesionidae	122 \pm 2	180 \pm 2	170 \pm 2
Nereididae	122 \pm 1	106 \pm 1	159 \pm 1
Cirratulidae	80 \pm 1	117 \pm 2	106 \pm 1
Spionidae	74 \pm 1	48 \pm 1	27 \pm 0
Sabellidae	53 \pm 1	133 \pm 1	69 \pm 1
Lumbrineridae	48 \pm 1	69 \pm 1	90 \pm 1
Chrysopetalidae	42 \pm 1	191 \pm 4	180 \pm 2
Capitellidae	27 \pm 1	16 \pm 0	11 \pm 0
Glyceridae	27 \pm 1	74 \pm 1	74 \pm 1
Terebellidae	27 \pm 1	42 \pm 1	37 \pm 0
Amphinomidae	21 \pm 0	0 \pm 0	16 \pm 0
Iospilidae	16 \pm 1	0 \pm 0	0 \pm 0
Maldanidae	16 \pm 1	32 \pm 1	5 \pm 0
Orbiniidae	16 \pm 0	5 \pm 0	5 \pm 0
Polynoidae	16 \pm 0	122 \pm 2	154 \pm 2
Onuphidae	11 \pm 0	11 \pm 0	11 \pm 0
Pholoididae	11 \pm 0	90 \pm 1	96 \pm 2
Opheliidae	5 \pm 0	11 \pm 0	5 \pm 0
Poecilochaetidae	5 \pm 0	27 \pm 1	0 \pm 0
Magelonidae	0 \pm 0	5 \pm 0	5 \pm 0
Oeonidae	0 \pm 0	0 \pm 0	5 \pm 0
Polygordiidae	0 \pm 0	292 \pm 4	16 \pm 0
Serpulidae	0 \pm 0	5 \pm 0	11 \pm 0
Trichobranchidae	0 \pm 0	5 \pm 0	0 \pm 0

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

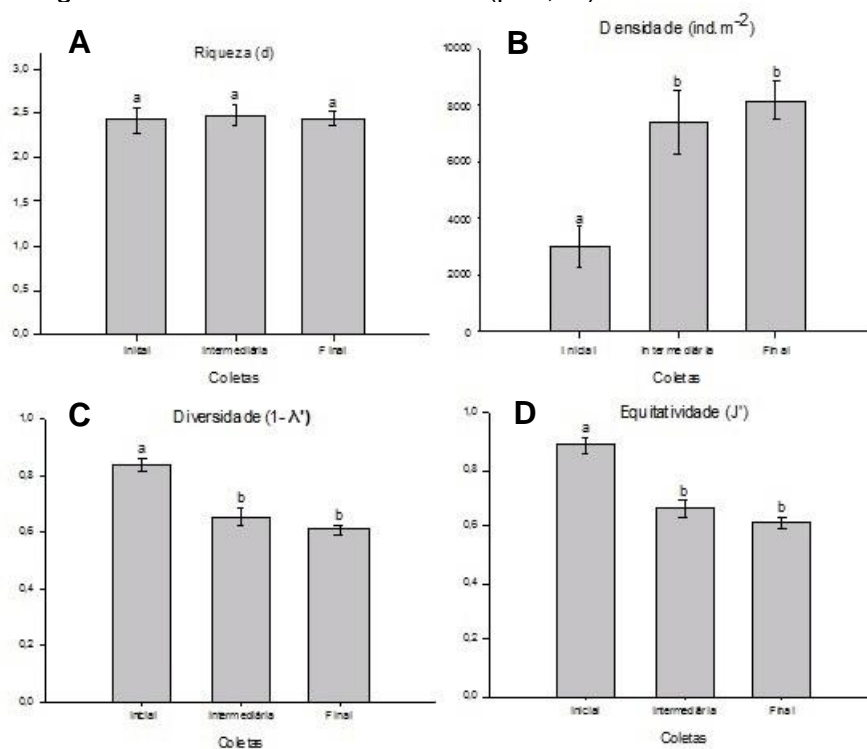
Ao longo do período de estudo, percebe-se também um incremento nas densidades médias de Dorvilleidae, Phyllodocidae e Goniadidae (coleta intermediária: 7.388, 4.968 e 3.057 ind.m⁻²; coleta final: 15.159, 8.280 e 8.025 ind.m⁻², respectivamente). Paraonidae e Nereididae tiveram suas densidades reduzidas na coleta intermediária (4.203 e 2.548 ind.m⁻², respectivamente), mas aumentaram na final (6.624 e 3.822 ind.m⁻², respectivamente). Por sua vez, Eunicidae, Pisionidae e Hesionidae apresentaram comportamento inverso, incremento na amostragem intermediária (4.204, 5.095 e 4.331 ind.m⁻², respectivamente) e redução na final (2.675, 2.675 e 4.076 ind.m⁻²). Polygordiidae não foi registrada na coleta inicial, porém apresentou densidade de 7.006 ind.m⁻² na coleta intermediária (Tabela 5.2).

A riqueza não diferiu significativamente entre as coletas (Figura 5.8A), mas a densidade (Figura 5.8B) aumentou ao longo do tempo, sendo significativamente maior nas coletas intermediária e final em relação à coleta inicial. Diversidade e equitatividade (Figuras 5.8C e 5.8D) decresceram ao longo do tempo, sendo significativamente menores nas coletas intermediária e final em relação à inicial.

Na análise de escalonamento multidimensional (MDS), observou-se uma tendência de separação entre a coleta inicial e as coletas intermediária e final (Figura 5.9). Na MDS dos dados, excluindo a família Syllidae, não foram encontradas diferenças significativas entre as estações de coleta (Figura 5.10). Por meio da análise de similaridade (Anosim 1-way) aplicada aos mesmos dados, percebe-se que essas diferenças são significativas apenas entre as coletas inicial e intermediária e inicial e final ($R = 0,264$ e $p = 0,001$; $R = 0,433$ e $p = 0,001$), respectivamente.

Por meio da análise Bioenv, foi verificado que a maior correlação encontrada com a estrutura das assembleias de Polychaeta na área da fazenda marinha foi de 0,250 para a combinação dos parâmetros temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, nitrogênio total e carbono no sedimento, e que essa correlação foi significativa ($R = 0,126$; $p = 0,002$).

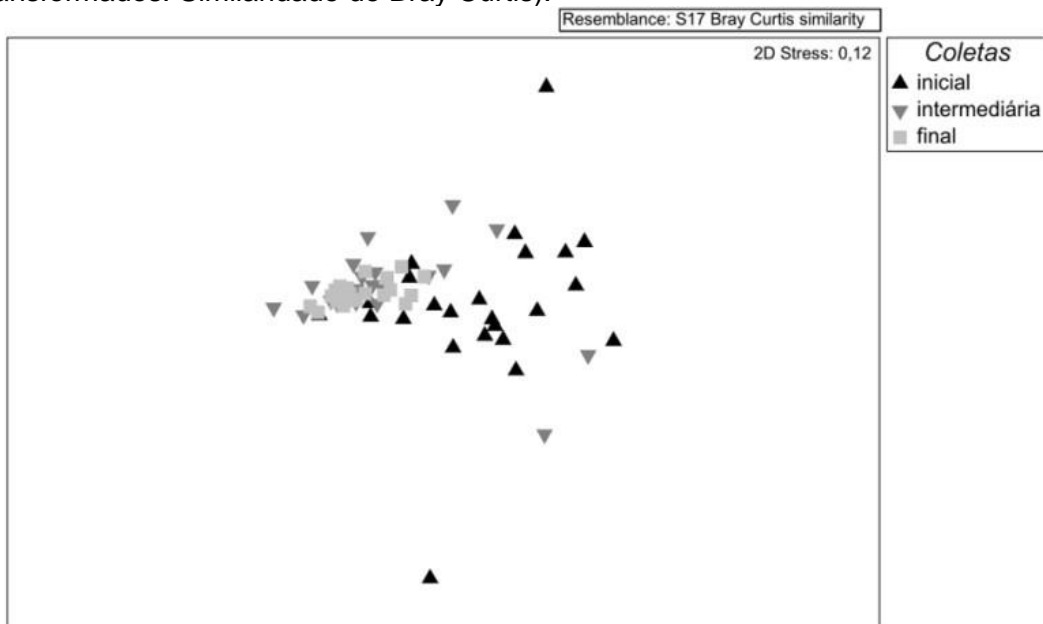
Figura 5.8 – Média (\pm EP) dos índices de riqueza (A), densidade (B), diversidade (C) e equitatividade (D) aplicados aos dados de abundância das famílias de Polychaeta nos diferentes momentos de amostragem durante a criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral de Pernambuco. Letras diferentes representam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

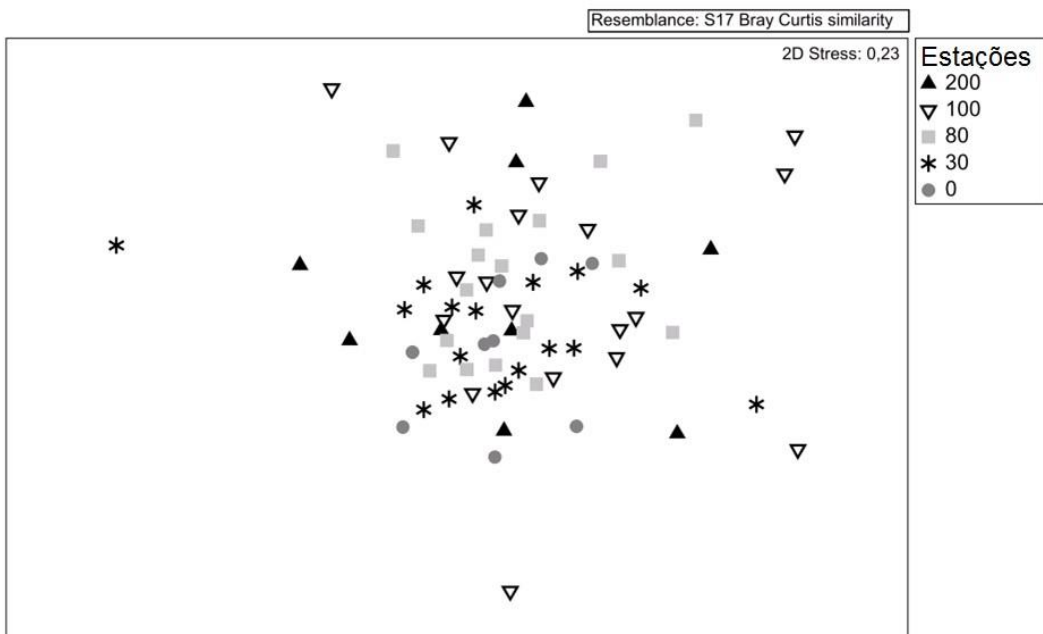
As correntes na área da fazenda marinha foram mais intensas nos meses de junho e julho, apresentando velocidades média de $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ e máxima de $0,78 \text{ m.s}^{-1}$ (Figura 5.11A). As direções predominantes foram norte e nordeste (Figura 5.11B). Em agosto, as correntes diminuíram gradualmente de intensidade, com velocidade máxima de $0,4 \text{ m.s}^{-1}$, e a direção passou a ser sudeste. Durante setembro e outubro, as correntes permaneceram nessa faixa de velocidade, porém passaram a ter direção predominantemente sudoeste. No final de outubro, ocorreu uma elevação da velocidade das correntes, atingindo um pico de $0,6 \text{ m.s}^{-1}$ ao final das medições.

Figura 5.9 – Análise de escalonamento multidimensional (MDS) baseada na abundância de Polychaeta nas amostras coletadas em fevereiro (Inicial; ▲), agosto (Intermediária; ▼) e dezembro de 2011 (Final; ○) no entorno das gaiolas de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral de Pernambuco (dados não transformados. Similaridade de Bray Curtis).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

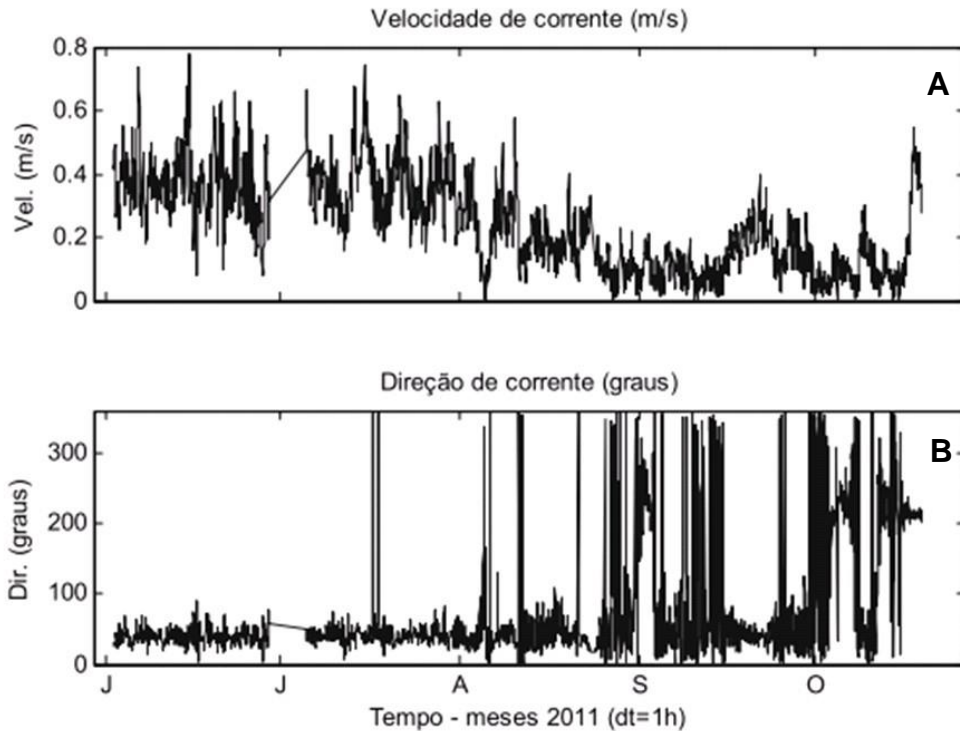
Figura 5.10 – Análise de escalonamento multidimensional (MDS) baseada na densidade das famílias de Polychaeta, excluindo a família Syllidae, nas diferentes estações de amostragem no entorno das gaiolas de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral de Pernambuco (dados não transformados. Similaridade de Bray Curtis).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

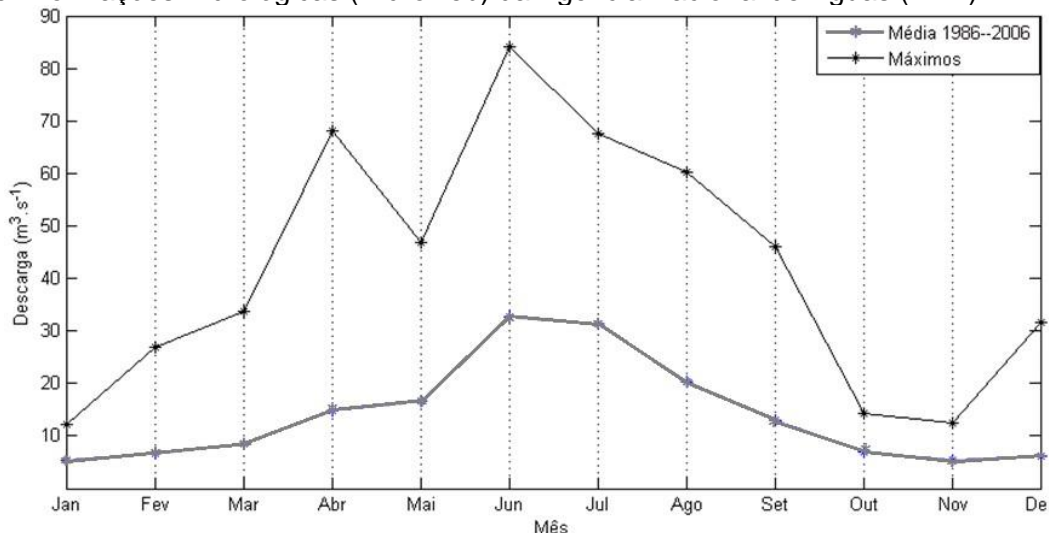
A vazão média mensal do Rio Pirapama entre 1986 e 2006 variou de 5,5 a 34,0 m³.s⁻¹. As maiores vazões ocorreram de abril a setembro; e as menores, de outubro a março (Figura 5.12).

Figura 5.11 – Séries temporais de velocidade (A) e direção (B) das correntes marinhas no entorno das gaiolas flutuantes de criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no litoral do Recife, Pernambuco, de junho a outubro de 2011.



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

Figura 5.12 – Vazões médias e máximas do Rio Pirapama, Pernambuco, obtidas a partir de uma série temporal de observações diárias entre 1986 e 2006 do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA).



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

DISCUSSÃO

A variabilidade ambiental e as alterações nos descritores das assembleias de Polychaeta sugerem o enriquecimento orgânico ao longo do tempo de estudo, independentemente de esta situação ser provocada por alterações ambientais naturais ou relacionadas à criação do beijupirá.

A concentração de nitrogênio total foi significativamente maior nas amostragens intermediária e final; e a concentração de oxigênio dissolvido, significativamente menor,

o que pode estar relacionado a um processo de enriquecimento orgânico na área, similar ao descrito por Morata *et al.* (2015). Vários estudos sugerem que o enriquecimento orgânico é o principal impacto que ocorre em áreas de criação de peixes, tanto na coluna de água quanto no sedimento (SARÀ, 2007a; BORJA *et al.*, 2009; FERNANDEZ-GONZALEZ; SANCHEZ-JEREZ, 2011). Esse enriquecimento se deve ao excedente de alimentos e à excreção dos resíduos metabólicos dos peixes, que irão aumentar a disponibilidade de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo no ambiente (HOLMER *et al.*, 2005). Em geral, a matéria orgânica se acumula abaixo das gaiolas de criação, aumentando a atividade microbiana, o consumo de oxigênio e, eventualmente, a concentração de compostos tóxicos, como sulfetos e metano (SANZ-LÁZARO; MARIN, 2011).

Os teores de carbono orgânico no sedimento (entre 9,07% e 10,69%), apesar de não terem variado nem no espaço nem no tempo, foram mais altos que o registrado em outros estudos de impacto ambiental da aquicultura, inclusive em fazendas com produção e tempos de operação superiores ao deste estudo. Apostolaki *et al.* (2007) encontraram valores máximos de 2,58% de carbono no sedimento em três fazendas no Mar Mediterrâneo com mais de 7 anos de operação e produção anual de 260 a 1.550 t. Em outro estudo no Mediterrâneo, Ruiz *et al.* (2001) encontraram valores máximos de 1,9% de matéria orgânica no sedimento abaixo de gaiolas com 5 anos de operação e produção anual de 700 a 800 t. Forchino *et al.* (2011) encontraram concentrações de matéria orgânica no sedimento próximas às do presente estudo (9,09 a 11,18%), embora naquele caso a produção anual da fazenda fosse de cerca de 100 t.

O resultado da análise dos componentes principais indicou que o padrão de separação dos momentos de amostragem está relacionado ao aumento da concentração de nitrogênio total e à diminuição da concentração de oxigênio dissolvido; e aos valores de temperatura, salinidade e concentração de clorofila *a* nas amostragens intermediária e final. Sob condições de baixa pluviosidade (verão), a vazão relativamente pequena do Rio Pirapama faz com que haja pouca ou nenhuma influência na plataforma continental rasa (entre 20 e 40 m de profundidade) (COELHO *et al.*, 2004). No entanto, a alta pluviosidade durante o inverno pode ter aumentado o aporte de nutrientes do continente para o oceano, principalmente devido à proximidade da área da fazenda marinha com o estuário de Barra de Jangada (entre 08°15'00", 08°12'00"S e 34°56'00", 34°57'00"W), o qual é formado principalmente pelo Rio Pirapama.

Entre os grupos da macrofauna bentônica, os Polychaeta são considerados bons indicadores de distúrbios ambientais, não só porque frequentemente são o táxon mais abundante (GIANGRANDE *et al.*, 2005), mas também porque muitos autores consideram esse grupo como o de maior sensibilidade a alterações em sedimentos não consolidados (BELLAN, 1985; DEL-PILAR-RUSO *et al.*, 2008), devido à sua flexibilidade trófica e habilidade imediata de responder a perturbações (TOMASSETTI; PORRELO, 2005; SUTHERLAND *et al.*, 2007).

As famílias de Polychaeta sofreram alterações significativas em diferentes descritores da comunidade quando comparados os diferentes momentos de amostragem, diminuindo os índices de diversidade e equitatividade, aumentando a dominância e alterando ainda a composição e abundância. Esses resultados são similares aos de Giangrande *et al.* (2005), que afirmam que efeitos de estresse nos organismos bentônicos incluem aumento na produção, especialmente ligado à eutrofização; decréscimo do número de espécies acompanhado de aumento no número de indivíduos; redução na diversidade e aumento na dominância de espécies oportunistas, considerando-se *oportunistas* aquelas capazes de proliferar após um aumento da matéria orgânica (PEARSON; ROSENBERG, 1978). Mudanças na composição de espécies em locais impactados foram observadas em um estudo sobre os efeitos da descarga de esgoto na biodiversidade dos Polychaeta no Mar Mediterrâneo (TERLIZZI *et al.*, 2002). No local impactado, houve um decréscimo no número de espécies com pouquíssimas espécies abundantes e frequentemente exclusivas. Essa é uma tendência característica dos Polychaeta situados em locais de substrato não consolidado sob distúrbio.

O grau de tolerância à poluição varia entre os Polychaeta. Portanto, algumas famílias decrescem em abundância (sensíveis) e outras se beneficiam da mudança nas condições ambientais, aumentando sua abundância (tolerantes ou oportunistas) (WARWICK, 1988a). Vários autores (GIANGRANDE *et al.*, 2005; OMENA *et al.*, 2012; MARTINEZ-GARCIA *et al.*, 2013) classificam as famílias de Polychaeta submetidas aos efeitos de enriquecimento orgânico provenientes de fontes diversas, inclusive da maricultura. As famílias consideradas tolerantes são aquelas que permanecem nas regiões sujeitas ao impacto, muitas vezes proliferando, enquanto as sensíveis desaparecem ou sua abundância é drasticamente reduzida (MARTINEZ-GARCIA *et al.*, 2013).

Muitas espécies têm sido identificadas como associadas a condições de estresse ou de poluição, mas, em geral, essas mesmas espécies são encontradas também em ambientes não poluídos (BELLAN, 1985; RYGG, 1985; HILY; GLÉMAREC, 1990). Apesar de a literatura ter registros para algumas famílias, as respostas ao impacto são muito específicas para cada situação, e é comum ocorrer diferenças ou inconsistências entre resultados para algumas famílias. Além disso, como o conhecimento prévio sobre a distribuição e ecologia dos Polychaeta na área aqui considerada é limitado, o entendimento do comportamento da fauna é dificultado. Os resultados encontrados poderão, portanto, servir como referência nessa área de estudo.

Os resultados indicam alterações nas variáveis ambientais e na estrutura das assembleias de Polychaeta na área de criação de beijupirá ao longo do tempo de estudo, as quais podem ser consideradas de impacto moderado. Essas alterações foram significativas em escala temporal, não espacial, ou seja, entre os momentos de amostragem, não havendo variabilidade entre pontos de amostragem.

Uma possível razão para a ausência de diferenças entre os pontos de amostragem pode ter sido a pouca sensibilidade das análises da macrofauna, uma vez que estas foram realizadas em nível de família. Muitos autores investigaram a utilização de níveis taxonômicos mais altos em trabalhos que utilizam organismos bentônicos como indicadores de impactos em ambientes marinhos (OLSGARD *et al.*, 1998; WARWICK, 1988a,b; OLSGARD; SOMMERFIELD, 2000). Níveis taxonômicos maiores que espécie, como família, ordem e até mesmo filo, podem refletir o efeito de uma perturbação ambiental de origem antrópica ainda melhor que em nível de espécie (BEVILACQUA *et al.*, 2009). Dessa forma, se evitariam identificações taxonômicas longas e imprecisas que custam tempo e dinheiro (OLSGARD; SOMERFIELD, 2000).

Algumas vezes, diferenças na estrutura da comunidade bentônica entre os locais impactados e os de referência (controle) podem ser menos evidentes ao usar uma diminuição do nível de resolução taxonômica (SOMERFIELD; CLARKE, 1995; OLSGARD *et al.*, 1998), havendo uma perda de informações, especialmente quando aplicadas medidas de biodiversidade (GIANGRANDE, 2003; TERLIZZI *et al.*, 2003). A questão principal é que, quanto maior a riqueza específica, maior a perda de informações em nível taxonômico alto e menor a capacidade de detectar alterações no ambiente. Neste estudo, a resolução em nível de família foi considerada sensível o suficiente para demonstrar alterações entre os momentos de amostragem, concluindo que um refinamento taxonômico só iria enfatizar os resultados encontrados e talvez identificar algum gradiente espacial de enriquecimento orgânico ao se distanciar da área da fazenda marinha.

Estudos de monitoramento ambiental podem ser otimizados utilizando não apenas os dados de invertebrados em grandes níveis taxonômicos, como proposto pelo conceito da *suficiência taxonômica*, mas também escolhendo um grupo de grande representatividade nas amostras e fazendo o refinamento taxonômico (GIANGRANDE *et al.*, 2005). No caso deste estudo, a família mais abundante foi a Syllidae. Essa família é apropriada para estudos ecológicos não apenas por ser taxonomicamente bem conhecida, como também por ser sensível a fortes distúrbios, decrescendo em abundância ou desaparecendo completamente sob diferentes fontes de impacto (LICHER, 1999). Neste estudo, porém, essa família foi mais abundante com o passar

do tempo, o que também foi observado em praias da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, sujeitas ao aporte de efluentes urbanos (OMENA *et al.*, 2012).

Apesar de não haver registros sobre as espécies de Polychaeta no local de estudo, a família Syllidae reconhecidamente tem um elevado número de espécies, o que poderia diminuir a sensibilidade das análises utilizando famílias. Porém, ao realizar análises de MDS e de similaridade para o conjunto de dados de densidade das famílias, excluindo a Syllidae, não foram encontradas diferenças significativas entre os pontos amostrais. Ainda assim, sugere-se um refinamento taxonômico dessa família, por ter sido a mais abundante em todas as situações de amostragem, de modo a complementar e melhorar o entendimento sobre a influência dessa atividade na comunidade bentônica, principalmente a fim de verificar se houve variação entre os pontos amostrais, o que, em nível de família, não foi possível detectar.

Em relação à qualidade da água, os nossos resultados indicam não haver impacto significativo da criação de beijupirá em gaiolas flutuantes sobre a qualidade da água. Esses resultados estão de acordo com os de Klein (2012), que realizou estudo paralelo a este. A alta velocidade das correntes marinhas provavelmente serviu como dissipador dos nutrientes dissolvidos e do material orgânico. Segundo Sarà (2007b), impactos significativos sobre a qualidade de água ocorrem mais comumente em ambientes com reduzida hidrodinâmica. Domínguez *et al.* (2001) sugerem que correntes com velocidade média de 0,06 m.s⁻¹ podem ser suficientes para dispersar resíduos sólidos.

A análise da comunidade bentônica aparentou ser um indicador mais potente dos efeitos da piscicultura em mar aberto que as variáveis de qualidade de água. Alston *et al.* (2005) concordam que, em estudos de impacto ambiental em ambientes de mar aberto, caracterizados por alta hidrodinâmica, o foco deve ser nas análises de sedimento devido às partículas orgânicas se depositarem nesse ambiente. Utilizar a macrofauna para visualizar efeitos de estresse no sedimento seria mais útil do que utilizar apenas análises físico-químicas, como os clássicos programas de monitoramento o fazem, porque estes refletem apenas condições no momento da amostragem, enquanto a macrofauna demonstra os efeitos cumulativos ao longo do tempo (OMENA *et al.*, 2012).

Baseado neste estudo, foi possível concluir que as alterações na estrutura da comunidade de macrofauna bentônica, percebidas através das análises realizadas nos dados das famílias de Polychaeta, ocorreram apenas de forma temporal, não espacial, e que a provável causa dessa variação foi o enriquecimento orgânico devido aos resíduos provenientes da criação do beijupirá. Sugere-se que, para novas iniciativas de criação de peixes marinhos em gaiolas, sejam realizados estudos prévios sobre a caracterização da biota local, principalmente da comunidade bentônica, bem como da qualidade da água e do comportamento das correntes ao longo de, pelo menos, um ano, visando identificar possíveis variações sazonais. O monitoramento desses parâmetros deve ser realizado também durante e após a instalação de qualquer empreendimento de piscicultura marinha, de modo que seja possível ter uma análise mais precisa de sua influência sobre o ambiente.

REFERÊNCIAS

ALSTON, D.E. *et al.* **Environmental and social impact of sustainable offshore cage culture production in Puerto Rican waters**. Final report to NOAA. Puerto Rico Governmental Agency Representatives: San Juan. 2005. 207p.

APOSTOLAKI, E.T. *et al.* Fish farming impact on sediments and macrofauna associated with seagrass meadows in the Mediterranean. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, p. 408-416, 2007.

BELLAN, G. Effects of pollution and man-made modifications on marine benthic communities in the Mediterranean: a review. In MORAITOU-APOSTOLOPOULOS, M.; KIORTSIS, V. (Eds). **Mediterranean marine ecosystems**. Boston: Springer. 1985. pp.163-188.

BEVILACQUA, S. *et al.* Taxonomic sufficiency in the detection of natural and human-induced changes in marine assemblages: A comparison of habitats and taxonomic groups. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, p. 1850-1859, 2009.

- BORJA, A. Los impactos ambientales de la acuicultura. **Boletín del Instituto Español de Oceanografía**, v. 18, p. 41-44, 2002.
- BORJA, A. *et al.* Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. **Aquaculture**, v. 293, p. 231-240, 2009.
- BRUSCA, R.C.; BRUSCA, G.J. **Invertebrados** (2ª ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2007. 968p.
- COELHO, P.A. *et al.* A Fauna bêntica do estado de Pernambuco. In ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M.F. (Eds.). **Oceanografia um cenário tropical**. Recife: Editora Bagaço. 2004. 761p.
- COUTINHO, P.N. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe**. 1976. 119f. Tese (Livro Docência). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- DEAN, R.J.; SHIMMIELD, T.M.; BLACK, K.D. Copper, zinc and cadmium in marine cage fish farm sediments: An extensive survey. **Environmental Pollution**, v. 145, p. 84-95, 2007.
- DEL-PILAR-RUSO, Y. *et al.* Effects of a brine discharge over soft bottom Polychaeta assemblage. **Environmental Pollution**, v. 156, p. 240–250, 2008.
- DOMÍNGUEZ, L.M.; MARTÍN, J.M.V. Impacto ambiental de jaulas flotantes: estado actual de conocimientos y conclusiones prácticas. **Boletín del Instituto Español de Oceanografía**, v. 21, p. 75-81, 2005.
- DOMÍNGUEZ, L.M. *et al.* A comparative study of sediments under a marine cage farm at Gran Canaria Island (Spain). Preliminary results. **Aquaculture**, v. 192, p. 225-231, 2001.
- FERNANDEZ-GONZALEZ, V.; SANCHEZ-JEREZ, P. Effects of sea bass and sea bream farming (Western Mediterranean Sea) on peracarid crustacean assemblages. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 34, p. 179–190, 2011.
- FORCHINO, A. *et al.* Evaluating the influence of off-shore cage aquaculture on the benthic ecosystem in Alghero Bay (Sardinia, Italy) using AMBI and M-AMBI. **Ecological Indicators**, v. 11, p. 1112-1122, 2011.
- GIANGRANDE, A. Biodiversity, conservation and the “Taxonomic impediment”. **Aquatic Conservation**, v. 13, p. 451-459, 2003.
- GIANGRANDE, A.; LICCIANO, M.; MUSCO, L. Review: polychaetes as environmental indicators revisited. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, p. 1153-1162, 2005.
- GROSS, M.D. Carbon determination. In CARVER, R.E. (Ed.). **Procedures in sedimentary petrology**. New York: John Wiley & Sons. 1971. p. 573-596.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Impacto das atividades de aqüicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, p. 165-175, 2008.
- HILY, C.; GLÉMAREC, M. Dynamique successionnelle des peuplements de fonds meubles an large de la Bretagne. **Oceanologica Acta**, v. 13, p. 107-115, 1990.
- HOLMER, M.; WILDFISH, D.; HARGRAVE, B. Organic enrichment from marine finfish aquaculture and effects on sediment biogeochemical processes. In HARGRAVE, B.T. (Ed.). **Environmental effects of marine finfish aquaculture**. Berlin: Springer. 2005. pp. 181-206.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). **Guía para el desarrollo sostenible de la acuicultura Mediterránea. 1. Interacciones entre la acuicultura y el medio ambiente**. IUCN: Gland, Suíça e Málaga, España. 2007. 114p.
- KARAKASSIS, I. *et al.* Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. **ICES Journal of Marine Science**, v. 57, p. 1462-1471, 2000.
- KLEIN, A.P. **Avaliação do impacto ambiental resultante do cultivo de *Rachycentron canadum* em tanques-rede instalados no litoral nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande – FURG. 83p. 2012. Rio Grande, RS.
- LICHER, F. Revision der Gattung *Typosyllis* Langerhans, 1879 (Polychaeta: Syllidae). Morphologie, taxonomie und phylogenie. **Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft**, v. 551, p. 1-336, 1999.
- LUPATSCH, I.; KISSIL, G.W.M. Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. **Aquatic Living Resources**, v. 11, p. 265-268, 1998.

- MARTINEZ-GARCIA, E. *et al.* A meta-analysis approach to the effects of fish farming on soft bottom polychaeta assemblages in temperate regions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 69, p. 165-171, 2013.
- MORATA, T. *et al.* Environmental effects of a marine fish farm of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in the NW Mediterranean Sea on water column and sediment. **Aquaculture Research**, v. 46, p. 59-74, 2015.
- OLSGARD, F.; SOMERFIELD, P.J. Surrogates in marine benthic investigations – which taxonomic unit to target? **Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery**, v. 7, p. 25-42, 2000.
- OLSGARD, F.; SOMERFIELD, P.J.; CARR, M.R. Relationship between taxonomic resolution, macrobenthic community patterns and disturbance. **Marine Ecology Progress Series**, v. 127, p. 25-36, 1998.
- OMENA, E.P. *et al.* Spatial distribution of intertidal sandy beach polychaeta along an estuarine and morphodynamic gradient in an eutrophic tropical bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, p. 1861-1873, 2012.
- PEARSON, T. R.; ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**, v. 16, p. 229-311, 1978.
- READ, P.A.; FERNANDES, T.F.; MILLER, K.L. The derivation of scientific guidelines for best environmental practice for the monitoring and regulation of marine aquaculture in Europe. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 17, p. 146-152, 2001.
- RUIZ, J.M.; PÉREZ, M.; ROMERO, J. Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, p. 749-760, 2001.
- RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados** (7ª ed.). São Paulo: Roca. 2005. 1145p.
- RYGG, B. Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian fjords. **Marine Pollution Bulletin**, v. 16, p. 469-474, 1985.
- SANZ-LÁZARO, C.; MARÍN, A. Diversity patterns of benthic macrofauna caused by marine fish farming. **Diversity**, v. 3, p. 176-199, 2011.
- SARÀ, G. Ecological effects of aquaculture on living and non-living suspended fractions of the water column: a meta-analysis. **Water Research**, v. 41, p. 3187-3200, 2007a.
- SARÀ, G. A meta-analysis on the ecological effects of aquaculture on the water column: dissolved nutrients. **Marine Environmental Research**, v. 63, p. 390-408, 2007b.
- SOMERFIELD, P.J.; CLARKE, K.R. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. **Marine Ecology Progress Series**, v. 27, p. 113-119, 1995.
- SUGUIO, L. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: EDUSP. 1973. 317p.
- SUTHERLAND, T.F. *et al.* The use of meiofauna as an indicator of benthic organic enrichment associated with salmonid aquaculture. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, p. 1249-1261, 2007.
- TERLIZZI, A. *et al.* The effects of sewage discharge on shallow hard bottom sessile assemblage. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 544-550, 2002.
- TERLIZZI, A. *et al.* Taxonomic sufficiency and the increasing insufficiency of taxonomic expertise. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, p. 556-561, 2003.
- TOMASSETTI, P.; PORRELLO, S. Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. **Aquaculture International**, v. 13, p. 109-128, 2005.
- TSAGARAKI, T.M. *et al.* Beyond the cage: Ecosystem modelling for impact evaluation in aquaculture. **Ecological Modelling**, v. 222, p. 2512-2523, 2011.
- TSAPAKIS, M.; PITTA, P.; KARAKASSIS, I. Nutrients and fine particulate matter released from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) farming. **Aquatic Living Resources**, v. 19, p. 69-75, 2006.
- VITA, R.; MARIN, A. Environmental impact of capture-based bluefin tuna aquaculture on benthic communities in the western Mediterranean. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 331-339, 2007.
- WALLNER-KERSANACH, M.; RIBEIRO, A.R.L.; MACHADO, E.C. Análise Instrumental – Analisador Elementar CHNS/O. In BAUMGARTEN, M.G.Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; NIENCHESKI, L.F.H. (Eds.). **Manual de Análises em Oceanografia Química**. Rio Grande: Editora da FURG. 2010. pp. 145-166.

- WARWICK, R.M. Analysis of community attributes of macrobenthos of Frierfjord/Langesundfjord at taxonomic levels higher than species. **Marine Ecology Progress Series**, v. 46, p. 167-170, 1988a.
- WARWICK, R.M. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 19, p. 259-268, 1988b.
- WELSCHMEYER, N.A. Fluorometric analysis of chlorophyll *a* in the presence of chlorophyll *b* and phaeopigments. **Limnology and Oceanography**, v. 39, p. 1985-1992, 1994.
- WENTWORTH C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377-392, 1922.
- YUCEL-GIER, G.; KUCUKSEZGIN, F.; KOCAK, F. Effects of fish farming on nutrients and benthic community structure in the Eastern Aegean (Turkey). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 256-267, 2007.

CAPÍTULO 6

NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DO BEIJUPIRÁ²

Ronaldo Olivera Cavalli
Alexandre Sachsida Garcia
Artur Nishioka Rombenso

Apesar do interesse na aquicultura do beijupirá (*Rachycentron canadum*) e do aumento gradativo da sua produção em diferentes países do mundo, ainda são poucos os estudos que tratam das exigências nutricionais e do manejo da alimentação dessa espécie. Tais aspectos são fundamentais no sucesso da atividade, uma vez que a alimentação pode responder por 46% a 92% dos custos operacionais da criação de beijupirá (MIAO et al., 2009; HUANG et al., 2011; DOMINGUES et al., 2014; BEZERRA et al., 2016). Revisões de literatura tratando especificamente desses temas estão disponíveis (CHEN; LIAO, 2007; FRASER; DAVIES, 2009; CAVALLI; GARCIA, 2012). O desenvolvimento de uma dieta formulada para atender às demandas e exigências nutricionais do beijupirá está aquém daquelas para outras espécies marinhas carnívoras, como, por exemplo, o robalo asiático *Lates calcarifer* (TIEN et al., 2016). Atualmente, parte da produção mundial de beijupirá ainda utiliza rejeito (“*trash fish*” ou “*by-catch*”) ou descarte de pesca (peixes com baixo valor comercial) como alimento, devido às dietas aquícolas disponíveis no mercado serem inadequadas e/ou economicamente inviáveis (FAO, 2014; TIEN et al., 2016). A indisponibilidade de dietas formuladas especificamente para essa espécie e acessíveis economicamente é considerado um dos maiores entraves para a expansão da produção de beijupirá.

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS

Proteína e aminoácidos

Os poucos estudos disponíveis indicam que o beijupirá tem uma exigência de proteína relativamente elevada, o que, conforme apresentado no Capítulo 1, está de acordo com o hábito carnívoro da espécie (SHAFFER; NAKAMURA, 1986; ARENDT et al., 2001). Utilizando análises de regressão polinomial, Chou et al. (2001) estimaram que o crescimento máximo de juvenis de beijupirá seria alcançado com 44,5% de proteína bruta (PB) na dieta. Em outro estudo, Craig et al. (2006) utilizaram um arranjo fatorial com dois níveis de PB nas dietas (40% e 50%) e três de lipídios totais (6%, 12% e 18%) e obtiveram níveis significativamente superiores de eficiência alimentar (ganho em peso/quantidade de dieta fornecida) em juvenis (peso médio de 7,4 g) alimentados com 40% de proteína bruta. Ao utilizar juvenis relativamente maiores (média de 49,3 g), a concentração de proteína nas dietas não afetou significativamente os parâmetros analisados. Esses autores também encontraram uma maior eficiência alimentar nos peixes alimentados com 40% de PB, o que provavelmente indica a completa utilização da proteína disponibilizada pela dieta.

Dos dez aminoácidos considerados essenciais para peixes, somente as exigências de lisina, metionina e arginina foram determinadas até o momento (ZHOU et al., 2006, 2007; REN et al., 2014). Considerando o crescimento máximo e a conversão

² Este capítulo é uma versão revisada e atualizada de CAVALLI, R.O.; GARCIA, A.S. Exigências nutricionais e alimentação do beijupirá. In FRACALLOSSI, D.M., CYRINO, J.E.P. (Eds.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: AQUABIO. 2012. pp. 269-282.

alimentar aparente (CAA) mínima, a exigência de metionina em juvenis do beijupirá foi estimada em 1,19% na presença de 0,67% cistina. Essa estimativa corresponde a 2,64% da PB da dieta em base seca e está de acordo com a avaliação anterior de Chou *et al.* (2004), de que a exigência de metionina e cistina seria igual a 2,66% do total de PB na dieta. Zhou *et al.* (2007) determinaram que a exigência de lisina seria 5,3% da PB da dieta ou 2,33% da dieta na base seca. Em termos de crescimento e taxa de eficiência alimentar, a exigência de arginina para juvenis de beijupirá (14,7 g) foi de 6,20% e 6,13% da PB da dieta e de 2,85% e 2,82% da dieta na base seca, respectivamente (REN *et al.*, 2014). As estimativas de metionina, lisina (ZHOU *et al.*, 2006, 2007) e arginina (REN *et al.*, 2014) estão, portanto, de acordo com as concentrações desses aminoácidos exigidas para outras espécies de peixe conforme proposto por Wilson (2002). Esse autor sugere que as exigências de metionina, lisina e arginina se situam entre 1,8-3,2%, 3,2-6,2% e 3,5-6,5% da PB na dieta, respectivamente. Como até o momento não se tem conhecimento de relatos sobre a ocorrência de deficiências de aminoácidos em beijupirás alimentados com dietas comerciais ou experimentais, é bem provável que essa espécie tenha exigências de aminoácidos similares às de espécies de peixe carnívoro atualmente criadas em cativeiro.

Além das exigências individuais de aminoácidos, foi relatada a importância do balanço entre os mesmos. Juvenis de beijupirá de 8,4 g alimentados com dietas contendo uma relação lisina:arginina de 1,1:1 apresentaram melhor desempenho zootécnico, incluindo ganho proteico e lipídico, em comparação a indivíduos alimentados com dietas não balanceadas (relação lisina-arginina de 1,8:1 e 0,8:1) devido ao maior consumo alimentar (NGUYEN *et al.*, 2014).

As concentrações de aminoácidos essenciais nas dietas exigem uma atenção especial quando da substituição da farinha de pescado por ingredientes alternativos. Embora a taurina não seja considerada um aminoácido essencial para peixes, sua suplementação – no nível de 5 g kg⁻¹ – em dietas com altos níveis de proteína de origem vegetal resultou em aumento do ganho de peso e maior eficiência alimentar e também pareceu aumentar a palatabilidade das dietas (LUNGER *et al.*, 2007). Salze *et al.* (2011) confirmaram a importância da taurina para essa espécie ao demonstrar os benefícios da suplementação no desenvolvimento larval, no crescimento e na sobrevivência. Esses autores inclusive levantam a possibilidade de uma exigência condicional de taurina em larvas de beijupirá. Em estudo posterior, Salze *et al.* (2012a) observaram que a suplementação de taurina causou um aumento na atividade enzimática e conseqüentemente na disponibilidade de nutrientes, o que afetou positivamente o crescimento das larvas. Para juvenis de 10 g e 120 g, a adição de níveis crescentes de taurina (0; 0,5; 1,5; e 5 g kg⁻¹) em dietas contendo 34,5% de farinha de peixe não afetou o crescimento, mas resultou no aumento dos níveis de taurina no músculo, fígado e plasma (WATSON *et al.*, 2014).

Outro aspecto importante na substituição da farinha de pescado é o uso de aminoácidos sintéticos para cobrir possíveis deficiências na fonte proteica alternativa. Embora até o momento nenhum estudo comparando a utilização de aminoácidos ligados à proteína com aminoácidos sintéticos tenha sido conduzido com o beijupirá, o uso de aminoácidos sintéticos foi testado por Zhou *et al.* (2006, 2007) ao determinar as exigências de lisina e metionina. Em ambos os estudos, os juvenis de beijupirá responderam à adição de aminoácidos sintéticos assim como observado em outras espécies de peixe. Mach *et al.* (2010) e Mach e Nortvedt (2011) estudaram a utilização de diferentes tipos de silagem, que, reconhecidamente, contém altas concentrações de polipeptídios e aminoácidos livres, como ingredientes alternativos na formulação de dietas para o beijupirá. Esses autores constataram que níveis de inclusão de silagem de peixe acima de 13% afetavam negativamente o desempenho produtivo. Peixes utilizam eficientemente a proteína para crescimento quando concentrações ótimas de todos os aminoácidos essenciais estão disponíveis nos seus tecidos (GEIGER, 1947). Assim, quando dietas contendo altas concentrações de aminoácidos livres provenientes de silagem de peixe foram fornecidas ao beijupirá, os mesmos foram imediatamente

disponibilizados, o que pode ter ocasionado um desequilíbrio nas concentrações de aminoácidos, afetando negativamente a eficiência da síntese proteica (MACH; NORTVEDT, 2011). Resultados similares foram encontrados por Costa-Bomfim *et al.* (2017) ao fornecer dietas com níveis crescentes de um hidrolisado proteico produzido com os rejeitos do processamento de camarão (*Litopenaeus vannamei*).

A substituição parcial da farinha de peixe por fontes alternativas de proteína (derivados de soja, farinha de colza, farinha de subprodutos de frango, entre outras) nas dietas do beijupirá é bem aceita sem afetar o crescimento (SAADIAH *et al.*, 2011; TRUSHENSKI *et al.*, 2011a; ZHOU *et al.*, 2011; LUO *et al.*, 2012; SUAREZ *et al.*, 2013). Porém, substituições sem o adequado balanceamento de aminoácidos podem afetar a digestibilidade e a utilização de nutrientes, o crescimento e o estado de saúde dos organismos (SALZE *et al.*, 2010; TRUSHENSKI *et al.*, 2011a).

Relação proteína-energia

Na natureza, o beijupirá, assim como outras espécies carnívoras, ingere alimentos ricos em proteína. Esses peixes, portanto, possuem um eficiente sistema de excreção de resíduos de nitrogênio gerados a partir da proteína catabolizada para a produção de energia (FEELEY *et al.*, 2007). Embora dietas ricas em proteína não sejam nocivas ao beijupirá, como a proteína representa o nutriente mais caro das dietas é importante equilibrar a relação proteína-energia, uma vez que esta tem impacto significativo no desempenho dos peixes (NEMATIPOUR *et al.*, 1992; CHO *et al.*, 2005). Os peixes se alimentam para satisfazer suas necessidades energéticas. Caso a energia na dieta não seja suficiente (alta relação proteína-energia), o consumo de ração aumenta, e o excesso de proteína na dieta será direcionado para a produção de energia. Isso não só resulta no uso ineficiente da proteína, mas também aumenta a carga de resíduos nitrogenados nos efluentes. Assim, dos pontos de vista econômico e ecológico, é fundamental que a proteína seja utilizada para a síntese de tecido muscular, e não para a produção de energia metabólica (CHO *et al.*, 2005). Em contrapartida, se o conteúdo energético da dieta for alto, ou seja, a relação proteína-energia for baixa, o consumo de dieta é reduzido, resultando na diminuição do crescimento dos peixes devido à redução na ingestão dos demais nutrientes essenciais (CHO *et al.*, 2005). Além disso, o excesso de energia na dieta também pode resultar em uma maior deposição de lipídios na carcaça (NEMATIPOUR *et al.*, 1992), o que pode impactar negativamente a saúde e o rendimento de carcaça dos peixes (CRAIG *et al.*, 1999). Em peixes com alto potencial de crescimento, como o beijupirá, isso é particularmente importante não só do ponto de vista econômico, mas também numa perspectiva de qualidade do produto final (CRAIG *et al.*, 2006).

Embora o estudo de Craig *et al.* (2006) não tenha sido delineado especificamente para analisar a relação proteína-energia, eles constataram que dietas contendo de 24 a 40 mg de proteína kJ^{-1} de energia não afetavam o ganho em peso e a eficiência alimentar de juvenis do beijupirá. Posteriormente, utilizando dietas com 40% de PB e 6% de lipídios, mas diferentes relações proteína-energia graças à inclusão de dextrina, Webb *et al.* (2010) concluíram que a relação proteína-energia ótima para juvenis do beijupirá seria de aproximadamente 34 mg de proteína kJ^{-1} de energia metabolizável. Esse valor, portanto, está dentro da faixa inicialmente estimada por Craig *et al.* (2006).

Um estudo recente (TIEN *et al.*, 2016) propôs um modelo nutricional baseado em dados experimentais obtidos no laboratório e em campo (gaiolas ou tanques-rede), os quais, combinados com dados de fazendas comerciais do Vietnã, permitiram estimar as demandas energética e proteica do beijupirá. Os autores concluíram que as eficiências de utilização de proteínas, lipídios e energia do beijupirá foram similares às de outras espécies carnívoras. As demandas energética e proteica de manutenção foram estimadas em $74,3 \text{ kJ kg}^{-1}$ de peso corporal^{0.8} dia^{-1} a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ e $0,99 \text{ g kg}^{-1}$ de peso corporal^{0.7} dia^{-1} a $27,9 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente (TIEN *et al.*, 2016).

Lipídios

Utilizando o modelo de regressão segmentada ou *broken-line*, a exigência de lipídios totais de juvenis do beijupirá foi estimada em 5,76% (CHOU *et al.*, 2001). Esses autores alimentaram juvenis com peso inicial de 41 g com sete dietas isoproteicas e isoenergéticas contendo concentrações de lipídio total variando entre 3% e 18%. O ganho de peso foi significativamente menor nos beijupirás alimentados com 3% de lipídios e aumentou, até certo ponto, com maiores concentrações de lipídio na dieta. Não foram observadas melhorias significativas no crescimento quando as concentrações de lipídio foram além do ponto de inflexão até a concentração de 18%. De forma similar, Wang *et al.* (2005) constataram que dietas com mais de 15% de lipídios não afetaram o crescimento de beijupirás com peso inicial de 7,7 g. Nesse estudo, o fornecimento de três níveis de lipídio total (5%, 15% e 25% da base seca das dietas) não teve efeito significativo sobre o ganho de peso de peixes alimentados com 5 e 15% de lipídios. Entretanto, o ganho de peso e a ingestão de dieta dos beijupirás alimentados com 25% de lipídios foram significativamente menores, o que sugere que níveis de lipídios acima de 15% reduzam o crescimento devido à menor ingestão alimentar. Baseados nos resultados desses estudos, Fraser e Davies (2009) concluíram que o beijupirá teria uma reduzida capacidade em utilizar os lipídios como fonte de energia, preferindo a proteína como principal fonte energética. Assim, a abordagem de usar lipídios como fonte de energia para economizar proteína (em inglês, *lipid-based protein sparing effect*) é limitada nessa espécie, e o excesso de lipídios na dieta (> 15%) é associado com a redução de crescimento (FRASER; DAVIES, 2009; ROMBENSO; TRUSHENSKI, 2016).

Níveis relativamente altos de lipídios na dieta do beijupirá não só reduzem o crescimento, mas podem também aumentar a deposição de gordura na carcaça e no fígado, o que poderia afetar negativamente a saúde desses peixes (CRAIG *et al.*, 2006). Dietas com altas concentrações de lipídios, especialmente óleo de peixe, que são naturalmente ricos em ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LC-PUFA), apresentam uma alta propensão a autooxidação. Isso pode reduzir a disponibilidade de lipídios na dieta e produzir subprodutos nocivos (cetonas, radicais livres, etc.), que tanto podem ser tóxicos para os peixes como podem reagir com outros componentes da dieta e reduzir a disponibilidade dos mesmos (ROBERTS, 2002). O fornecimento de dietas contendo lipídios oxidados pode levar a uma degeneração patológica dos tecidos hepáticos (ROBERTS, 2002). Apesar disso, como grande parcela do beijupirá produzido na Ásia é consumida *in natura* na forma de *sashimi*, um maior teor de gordura no filé pode ser considerado uma característica desejável especificamente para o mercado daquela região (CRAIG *et al.* 2006).

Os ácidos graxos linoleico (18:2 n-6) e linolênico (18:3 n-3) são considerados essenciais para todos os vertebrados, incluindo os peixes. Porém, essa essencialidade é relacionada com suas funções de precursores para a síntese dos ácidos graxos fisiologicamente importantes de cadeia longa, os n-3 e n-6 LC-PUFA (i.e. ácido araquidônico, 20:4 n-6, ARA; ácido eicosapentaenoico, 20:5 n-3, EPA; e ácido docosahexaenoico, 22:6 n-3, DHA; SARGENT *et al.*, 2002). Geralmente os peixes carnívoros são incapazes de sintetizar quantidades suficientes desses nutrientes, exigindo assim a sua inclusão na dieta. Apesar de o beijupirá demonstrar alguma capacidade de síntese de LC-PUFA, esta não é suficiente para atender à sua exigência fisiológica, sendo necessário o consumo desses nutrientes diretamente na dieta (ZHENG *et al.*, 2009; TRUSHENSKI *et al.*, 2012). Existem evidências de que alguns LC-PUFA são fisiologicamente mais importantes que outros (TRUSHENSKI *et al.*, 2012). Para melhor entender a exigência de LC-PUFA para o beijupirá, juvenis (52,1 g) foram alimentados com dietas à base de óleo de soja suplementadas com DHA, EPA e DHA + EPA a 50% e 100% dos níveis encontrados na dieta-controle à base de óleo de peixe (TRUSHENSKI *et al.*, 2012). Foi demonstrado que apenas o DHA é essencial para juvenis de beijupirá e que, adicionando 0,8%-1,2% de DHA em dietas contendo 10% de lipídios em base seca, o óleo de peixe pode ser totalmente substituído pelo óleo de soja sem afetar

o crescimento (TRUSHENSKI *et al.*, 2012). Esse resultado difere das exigências combinadas de EPA + DHA e ressalta a importância de relatar dados de exigência individual de ácidos graxos (CHOU *et al.*, 2001). Apesar de o DHA ser aparentemente o principal componente da essencialidade dos n-3 LC-PUFA para o beijupirá, o EPA, mesmo que exigido em níveis comparativamente menores, ainda é fisiologicamente importante e deve ser considerado nas formulações. Da mesma maneira, a essencialidade dos n-6 LC-PUFA deve ser considerada, principalmente em relação ao ARA, que é bastante relevante fisiologicamente, apesar de exigido em menores quantidades.

Ding *et al.* (2009) investigaram o efeito de diferentes relações DHA-EPA sobre o crescimento e a sobrevivência. Sete dietas experimentais contendo a mesma quantidade de DHA + EPA (15 g kg^{-1}), mas diferentes relações DHA-EPA (de 0,9, a 2,1 em intervalos de 0,2) e uma dieta-controle (DHA + EPA = 8 g kg^{-1} e DHA/EPA = 1,3), foram fornecidas a beijupirás (peso inicial de 6,9 g) durante 8 semanas. O aumento da relação DHA-EPA na dieta não afetou significativamente o crescimento e a sobrevivência, o que indica que a relação entre esses ácidos graxos essenciais não seria tão importante para o beijupirá como observado em outras espécies de peixes marinhos (TRUSHENSKI *et al.*, 2012). Monroig *et al.* (2011) demonstraram que a ativação da via biossintética dos LC-PUFA no beijupirá começa de 12 h a 18 h após a fertilização dos embriões.

O beijupirá aceita prontamente uma grande variedade de lipídios, incluindo os de origem vegetal (e.g. óleos de soja e de dendê) e os de origem animal (sebo bovino e gordura de aves), desde que níveis adequados de LC-PUFA sejam fornecidos nas dietas (WOITEL *et al.*, 2014a, b; ROMBENSO; TRUSHENSKI, 2016). Juvenis de beijupirá com peso médio 77,4 g exibiram perfis de ácidos graxos do filé mais semelhantes aos dos peixes alimentados com dietas à base de óleo de peixe quando alimentados com dietas ricas em ácidos graxos saturados (SFA) e monoinsaturados (MUFA) e pobres em ácidos graxos poli-insaturados com 18 carbonos (C18 PUFA; TRUSHENSKI *et al.*, 2013; WOITEL *et al.*, 2014a). Posteriormente, Woitel *et al.* (2014b) demonstraram que fontes alternativas ricas em SFA e MUFA podem reduzir a necessidade de dietas de acabamento à base de óleo de peixe (*finishing diets*) destinadas a aprimorar o valor nutricional do filé através do incremento nos níveis de LC-PUFA (e.g. n-3 como EPA e DHA) antes da despesca.

Em relação às necessidades de fosfolipídios na dieta para o beijupirá, a maioria dos estudos disponíveis se limita a larvas e juvenis recém-metamorfosados, os quais teriam uma exigência igual ou superior a 80 g kg^{-1} de peso seco da dieta (NIU *et al.*, 2008a, b). Nos dois estudos conduzidos por esses autores, o fornecimento de dietas com níveis crescentes de fosfolipídios (0, 20, 40 e 80 g kg^{-1} ; pureza de 97%) resultou no aumento contínuo da sobrevivência e do crescimento dos peixes (peso de 0,4 g), enquanto a CAA também diminuiu de forma contínua mesmo nos exemplares alimentados com o maior nível de inclusão de fosfolipídios. Niu *et al.* (2008a) observaram que as concentrações de fosfolipídios no corpo e no fígado aumentaram nos peixes alimentados com maiores níveis desses lipídios, o que já foi observado em outras espécies (COUTTEAU *et al.*, 1997; GEURDEN *et al.*, 1999). Aparentemente, maiores níveis de fosfolipídios na dieta favorecem o transporte de lipídios dos enterócitos para os demais órgãos do peixe e, dessa forma, aumentam a disponibilidade de fontes de energia e o crescimento. Além disso, Niu *et al.* (2008b) relacionaram os níveis de fosfolipídios na dieta com menor ocorrência de malformações, principalmente o aparecimento de larvas com escoliose e malformações na mandíbula. Mais recentemente foi demonstrado que a origem dos fosfolipídios é relevante na nutrição do beijupirá. Especificamente, LC-PUFA fornecidos na forma de fosfolipídios de origem marinha parecem ser mais benéficos, principalmente em dietas contendo reduzidos níveis de farinha de peixe, enquanto o fosfolipídio de origem terrestre (lecitina de soja) proporcionou benefícios limitados no crescimento de juvenis de beijupirá (TRUSHENSKI *et al.*, 2011b; 2012; 2013).

Carboidratos

Apesar de seu hábito alimentar carnívoro, o beijupirá aparenta ter capacidade para utilizar carboidratos. Utilizando dietas com 40% de proteína bruta e 6% de lipídios, mas diferentes níveis de inclusão de dextrina, Webb *et al.* (2010) concluíram que juvenis de beijupirá são capazes de utilizar níveis de até 34% de carboidratos na dieta seca. Nesse mesmo estudo, os níveis de carboidrato excretados pelas fezes foram analisados, apresentando uma relação linear entre os níveis de inclusão na dieta e os excretados, o que sugere que o nível de saturação não foi alcançado. Por outro lado, Ren *et al.* (2011) investigaram o efeito do nível de carboidratos na dieta sobre o crescimento, a composição corporal, o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e a atividade de enzimas digestivas. Seis dietas contendo níveis crescentes de amido (1,3%, 6,5%, 12,5%, 18,4%, 24,2% e 30,4%) foram fornecidas a juvenis de beijupirá por nove semanas. Com base nas taxas de crescimento específico e de eficiência alimentar, os níveis ótimos de inclusão de amido foram estimados em 21,1% e 18% da dieta, respectivamente.

Os efeitos de diferentes fontes de carboidrato (glicose, sacarose, maltose, dextrina, amido de milho e amido de trigo), ao nível de inclusão de 20% do peso seco das dietas, sobre o desempenho produtivo, atividade enzimática e hematologia de juvenis do beijupirá foram avaliados em um estudo com 8 semanas de duração (CUI *et al.*, 2010). Os peixes alimentados com amido de trigo e dextrina apresentaram maior ganho de peso, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica, enquanto os que receberam a dieta com glicose tiveram menor sobrevivência e fator de condição. Esses resultados indicam que a dextrina e o amido de trigo seriam as fontes preferenciais de carboidrato a serem utilizadas em dietas para o beijupirá. Esses autores relatam também uma relação entre a inclusão de carboidratos mais complexos (dextrina e os amidos de milho e trigo) e melhores índices hematológicos (hematócrito, hemoglobina, leucócitos e eritrócitos) e sugerem que a relação entre esses índices e a saúde dos peixes deveria ser objeto de estudos futuros. Uma revisão recente na utilização de carboidratos na nutrição de peixes em cativeiro traz novas abordagens sobre essa temática, as quais podem ser utilizadas para aprofundar o conhecimento desse grupo de nutrientes na nutrição do beijupirá (KAMALAM *et al.*, 2017).

Como os crustáceos são um importante item na dieta natural do beijupirá (SHAFFER; NAKAMURA, 1989; MEYER; FRANKS, 1996), Fines e Holt (2011) investigaram a possibilidade de utilização da quitina, um dos componentes do exoesqueleto dos crustáceos, como ingrediente em dietas para essa espécie. Analisando a atividade das enzimas quitinase e quitinobiase em ensaios enzimáticos e *in vivo*, esses autores encontraram uma forte atividade endógena dessas enzimas no estômago, indicando a capacidade do beijupirá de digerir a quitina. A quitinase inicialmente hidrolisa o exoesqueleto quitinoso, liberando dímeros e trímeros de N-acetilglicosamina (NAG). A quitinobiase atua sobre esses substratos e libera monômeros de NAG, os quais podem ser absorvidos e servir como fonte de energia. Embora a capacidade do beijupirá de utilizar NAG como fonte de energia ainda não tenha sido demonstrada experimentalmente, esses resultados abrem a possibilidade de utilização de rejeitos do processamento de crustáceos não só como fonte de energia, mas também de proteína, lipídios e carotenoides (FINES; HOLT, 2011). Nesse sentido, Lu e Ku (2013) analisaram a influência de níveis crescentes de farinha de camarão na dieta sobre o crescimento, a composição corporal e a atividade enzimática do beijupirá. Embora a inclusão de até 25% da farinha de camarão tenha resultado em maior ganho de peso e CAA, a eficiência da utilização da proteína teve uma queda significativa. Também não foram encontradas evidências de aumento do sistema imune quando os beijupirás foram submetidos ao desafio com *Photobacterium damselae* ssp. *piscicida*. Lu e Ku (2013), portanto, recomendam a inclusão de 10% de farinha de camarão como substituto da farinha de pescado nas dietas para o beijupirá. Geng *et al.* (2011) demonstraram que a suplementação de 0,3% a 0,6% de quitosana, um polissacarídeo

produzido pela deacetilação da quitina, teve efeitos positivos na resposta imune, na resistência a doenças e no crescimento de juvenis do beijupirá.

Vitaminas e minerais

O conhecimento sobre as exigências de vitaminas e minerais do beijupirá ainda é limitado. Até o presente, as únicas vitaminas cujas exigências foram determinadas para essa espécie foram a colina (vitamina do complexo B), o ácido ascórbico (AA; vitamina C) e o tocoferol (vitamina E). Após 70 dias de fornecimento de dietas contendo diferentes níveis de colina, na forma de cloreto de colina (133, 350, 548, 940, 2017 e 3.981 mg kg⁻¹ da dieta seca), Mai *et al.* (2009) usaram regressões tipo *broken-line* para estimar que o máximo ganho em peso seria alcançado com 696 mg de colina kg⁻¹ da dieta. Entretanto, baseados nas concentrações de colina no fígado e no músculo, as exigências de colina seriam 877 e 950 mg kg⁻¹ da dieta, respectivamente. A exigência do beijupirá por colina foi estimada em 700 mg kg⁻¹ da dieta (NRC, 2011).

Utilizando metodologia semelhante à do estudo de Mai *et al.* (2009), a exigência de AA foi avaliada por Xiao *et al.* (2010). Níveis crescentes de inclusão de ascorbil polifosfato foram suplementados em uma dieta basal a fim de se obterem seis dietas semipurificadas com 2,70 (controle); 8,47; 28,3; 80,6; 241; e 733 mg de AA kg⁻¹ da dieta. Os peixes de 4,6 g alimentados com a dieta-controle tiveram menor ganho de peso e CAA, e as concentrações de AA nos músculos e no fígado também foram mais baixas. Considerando apenas os resultados de ganho de peso, a exigência de AA na dieta para o beijupirá foi estimada em 44,7 mg kg⁻¹, mas, se considerarmos as concentrações de AA no fígado ou nos músculos, a exigência seria 53,9 mg kg⁻¹ ou 104 mg kg⁻¹, respectivamente. Resultados similares foram obtidos com juvenis de 5,5 g alimentados com dietas suplementadas com 0; 13,6; 27,2; 54,4; 96,6; 193,4; e 386,5 mg de AA kg⁻¹ da dieta (ZHOU *et al.*, 2012). Além disso, foi demonstrado que a adição de AA aumentou a taxa de sobrevivência até 96,6 mg kg⁻¹, principalmente quando os juvenis foram expostos ao *Vibrio harveyi* (ZHOU *et al.*, 2012). Esses autores sugerem que a adição de AA influencia diretamente o crescimento e o sistema imune dessa espécie.

A exigência de vitamina E foi determinada em juvenis de 6,1 g alimentados com níveis crescentes (4,6; 13,2; 23,1; 31,9; 45,7; 61,2; e 124 mg kg⁻¹) de vitamina E sob a forma de α -acetato de tocoferol em um estudo de 8 semanas (ZHOU *et al.*, 2013). A suplementação de vitamina E aprimorou o crescimento, a eficiência alimentar, a taxa de eficiência proteica e a sobrevivência e também os níveis de hemácias e hemoglobinas, principalmente nos tratamentos suplementados com 45,7 e 61,2 mg kg⁻¹. A concentração de imunoglobulina aumentou significativamente nos peixes alimentados com dietas contendo 61,2 e 124,0 mg kg⁻¹ de vitamina E em comparação aos alimentados com a dieta-controle (4,6 mg kg⁻¹). Através de regressões polinomiais de segunda do ganho de peso e da atividade de lisozima, a exigência de vitamina E foi estimada em 78 e 111 mg kg⁻¹, respectivamente (ZHOU *et al.*, 2013).

Com relação às exigências de minerais, o selênio (Se), o manganês (Mn) e o ferro (Fe) são os únicos minerais com resultados publicados até o momento, embora dados preliminares sobre as exigências de zinco (Zn) e cobre (Cu) também estejam disponíveis. Exigido em quantidades-traço pelos peixes, o selênio é componente de uma série de enzimas antioxidantes, atuando na proteção contra os danos causados às membranas celulares pelo processo de oxidação. Como deficiências ou excessos na dieta podem resultar no aumento da taxa de mortalidade e/ou depressão do crescimento, a exigência de selênio para juvenis do beijupirá foi estimada por Liu *et al.* (2010). Cinco dietas experimentais (contendo 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; e 1,0 mg de selenometionina kg⁻¹ da dieta) e uma dieta-controle (sem a inclusão de selenometionina) foram fornecidas a juvenis do beijupirá durante 70 dias. Os níveis de selênio na dieta afetaram significativamente a sobrevivência, a taxa de crescimento específico e as concentrações desse mineral nas vértebras e no corpo do beijupirá como um todo. A partir de regressões *broken-line* da taxa de crescimento específico e das concentrações

de selênio no corpo e nas vértebras, a exigência do beijupirá foi estimada em 0,788; 0,811; e 0,793 mg kg⁻¹ de selenometionina na dieta, respectivamente.

O manganês é outro mineral essencial exigido em quantidades-traço e possui importantes funções bioquímicas como ativador de enzimas. Nie *et al.* (2016) investigaram a exigência de manganês sob diferentes formas (sulfato de manganês, glicina manganês e 2-hidroxi-4-(metiltio) butirato) em juvenis de 22,1 g mantidos em gaiolas. Uma dieta-base foi suplementada com níveis crescentes de manganês (0; 2; 4; 8; 16; e 32 mg kg⁻¹) nas suas três formas, totalizando dezesseis tratamentos. A adição de manganês influenciou a taxa específica de crescimento e a CAA, porém não afetou a sobrevivência. O manganês suplementado sob a forma de 2-hidroxi-4-(metiltio) butirato foi a forma mais biodisponível. A exigência de manganês foi determinada através de uma análise de regressão do tipo *broken-line* com a taxa de crescimento específica resultando em 15,42; 11,22; e 10,50 mg kg⁻¹ de sulfato de manganês, glicina manganês e 2-hidroxi-4-(metiltio) butirato, respectivamente (NIE *et al.*, 2016).

O ferro é um mineral essencial com funções fisiológicas relevantes, como transporte de oxigênio e respiração celular. A exigência de ferro foi determinada em juvenis de beijupirá (15,9 g) sob as formas de sulfato de ferro e a metionina de ferro (QIAO *et al.*, 2013). Uma dieta-base foi suplementada com 0, 30, 60, 120, 240 e 480 mg kg⁻¹ de ferro sob as duas formas, resultando em onze tratamentos. Independentemente da forma química, a suplementação de ferro afetou significativamente o ganho de peso, eficiência alimentar, atividade de catalase sérica e os níveis de hemoglobina. Ambas as formas de ferro apresentaram biodisponibilidade semelhante. Para determinar a exigência de ferro, utilizou-se uma regressão do tipo *broken-line* com o ganho em peso, eficiência alimentar e atividade de catalase sérica, o que resultou em 80,5 a 94,7 mg de sulfato de ferro kg⁻¹ e de 71,3 a 75,1 mg de metionina de ferro kg⁻¹ (QIAO *et al.*, 2013).

A exigência de zinco sob a forma de metionina de zinco foi determinada utilizando uma análise de regressão do tipo *broken-line* com a atividade alcalina fosfatase sérica e a taxa de ganho de peso, sendo preliminarmente estimada entre 47 a 54 mg kg⁻¹ e 47,1 mg kg⁻¹, respectivamente (QIAO, 2016). Por sua vez, a exigência de cobre foi determinada entre 11,5 a 11,9 mg kg⁻¹ de sulfato de cobre e de 8,2 a 8,3 mg kg⁻¹ de metionina de cobre, sendo esta última a forma química mais biodisponível (QIAO, 2016).

Fraser e Davies (2009) ressaltam que a literatura especializada não contém nenhum relato da ocorrência de enfermidades causadas por deficiência de vitaminas ou minerais em beijupirás alimentados com dietas comerciais. Por outro lado, a ocorrência de juvenis criados em laboratório que apresentam crescimento reduzido e deformidades esqueléticas, principalmente curvatura da coluna vertebral, é bastante frequente (McLEAN *et al.*, 2008), embora a real causa desse problema ainda não seja conhecida. Da mesma forma, ocorrências de mortalidade de peixes na faixa de 2 a 4 kg apresentando brânquias pálidas (anemia) sugerem uma possível relação com a deficiência de ferro (LIAO, 2005).

DIGESTIBILIDADE DE INGREDIENTES

Nos estudos disponíveis na literatura, o beijupirá demonstrou uma capacidade relativamente alta de aproveitar os nutrientes de ingredientes de origem animal ou vegetal utilizados normalmente nas dietas para peixes. Zhou *et al.* (2004) estimaram os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da farinha de pescado, do farelo de soja desengordurado (tostado, extração com solventes), do farelo de soja desengordurado (extração com solventes), da farinha de vísceras de frango, da farinha de carne e ossos, da farinha de amendoim, do farelo de colza e do farelo de glúten de milho usando o método da análise das fezes com Cr₂O₃ como marcador. De modo geral, as proteínas e os lipídios, tanto de fontes vegetais como animais, foram bem digeridas pelo beijupirá. Os CDAs da matéria seca (MS), PB, lipídios totais e energia bruta da farinha de pescado e do farelo de glúten de milho foram os mais altos entre todos os ingredientes testados. A digestibilidade da MS variou de 60,4% a 87,6% para os produtos de origem animal

e o glúten de milho e de 58,5% a 70,5% para os farelos de soja, amendoim e colza. Os CDAs da PB e dos lípidos variaram de 87,2-96,3% e 91,6-96,9%, respectivamente, para os produtos animais, e 89-94,4% e 92,4-96,9%, respectivamente, para os ingredientes vegetais. O beijupirá demonstrou uma alta capacidade de aproveitamento do fósforo. O CDA dos ingredientes de origem animal e vegetal foi 62,4-71,2% e 56,3-69,7%, respectivamente. A disponibilidade de aminoácidos refletiu a digestibilidade da proteína, com exceção da farinha de carne e ossos, cuja disponibilidade de alguns aminoácidos foi menor, possivelmente devido a danos à proteína durante o processamento. Ingredientes ricos em carboidrato resultaram nas menores CDAs, e, portanto, o uso desses ingredientes como substitutos para a farinha de pescado não é recomendado. A farinha de vísceras de frango e o farelo de milho foram mais digestíveis que os demais farelos de origem vegetal, o que sugere um maior potencial desses ingredientes como eventuais substitutos da farinha de pescado em dietas para essa espécie.

Usando Y_2O_3 como indicador inerte, os CDAs dos macronutrientes e energia bruta da biomassa de um peixe (*Saurida undosquamis*) e de um caranguejo (*Portunus pelagicus*), assim como das silagens produzidas com esses ingredientes, foram estudados por Mach *et al.* (2010). O processo de silagem ácida resultou na diminuição dos CDAs, o que esteve de acordo com a CAA observada após 42 dias de alimentação dos juvenis de beijupirá. Os autores observaram que as dietas contendo os ingredientes não processados eram mais bem utilizadas do que as dietas contendo silagem, o que os levou a concluir que o ácido fórmico usado no processo de silagem seria o responsável pela diminuição do apetite e da eficiência digestiva e, conseqüentemente, menor ganho de peso.

Ao testar o efeito de diferentes níveis de amido de milho gelatinizado na dieta (1,3%; 6,5%; 12,5%; 18,4%; 24,2%; e 30,4%), Ren *et al.* (2011) encontraram que o CDA do amido foi significativamente menor com o maior nível de inclusão (30,4%). Os beijupirás alimentados com dietas contendo de 18,4% a 30,4% de amido apresentaram uma maior atividade intestinal da amilase que os alimentados com as dietas com 1,3% e 6,5% de amido.

Costa-Bomfim (2012) estimou a digestibilidade de um hidrolisado produzido com os rejeitos do processamento de *L. vannamei*. Os CDAs para a MS, PB, e lipídios da dieta-teste (75,9%, 91,2% e 86,6%, respectivamente) foram significativamente mais altos que na dieta-referência, indicando que os macronutrientes desse ingrediente foram altamente digestíveis para o beijupirá. Essa espécie também tem alta capacidade de digerir a quitina, um dos componentes do exoesqueleto dos crustáceos e o segundo polissacarídeo biológico mais abundante na natureza após a celulose. Por meio de ensaios enzimáticos e *in vivo*, Fines e Holt (2011) encontraram uma forte atividade endógena das enzimas quitinase e quitinobiase no estômago do beijupirá, indicando sua capacidade de digerir a quitina. O CDA das farinhas de caranguejo e camarão foi estimado em 66,8% e 78,2%, respectivamente.

A digestibilidade de sete ingredientes (farinha de peixe branco, farinha de camarão, farinha de sangue, farinha de penas hidrolisada, caseína, gelatina e farelo de algodão) foi estimada por Ren *et al.* (2012). Os CDAs (%) da MS desses ingredientes variaram de 54,1% a 73,4%. As farinhas de peixe branco, de camarão e de penas hidrolisadas apresentaram as maiores digestibilidades da MS, enquanto a da farinha de sangue foi a menor entre os ingredientes testados. O beijupirá demonstrou alta digestibilidade da proteína para todos os ingredientes, exceto a farinha de sangue. Além disso, as farinhas de peixe branco, de camarão e a caseína apresentaram elevados (90%) CDA para a proteína, enquanto a farinha de sangue teve a menor digestibilidade. A digestibilidade da energia variou entre 70,6% e 86,7%, com a farinha de peixe branco, a farinha de penas hidrolisada e a caseína apresentando maior digestibilidade em relação às farinhas de camarão e de sangue e ao farelo de algodão.

Outros treze ingredientes de origem animal foram testados quanto à digestibilidade (CHI *et al.*, 2017), incluindo cinco tipos de farinha de peixe, duas farinhas

de sangue, uma farinha de vísceras de aves, duas farinhas de carne e ossos, duas farinhas de penas (hidrolisada e fermentada) e uma farinha de camarão. Os CDAs da proteína, dos lipídios, da energia, do fósforo e dos aminoácidos dos diferentes ingredientes variaram de 69% a 92,5%; 69,3% a 95,7%; 77,5% a 98,3%; 58,2% a 80,1%; e 72,5% a 97%, respectivamente. A digestibilidade da proteína da farinha de peixe branco, da farinha de peixe marrom seca ao vapor, da farinha de peixe importada, da farinha de sangue seca por *spray-drying*, da farinha de vísceras de aves, da farinha de carne e ossos e da farinha de penas foi mais alta que a da farinha de sangue seca e das farinhas de penas fermentada e hidrolisada. Por sua vez, a digestibilidade dos lipídios das farinhas de sangue e da farinha de penas hidrolisada foi mais baixa que a dos outros ingredientes. Os CDAs da energia das farinhas de pena (fermentada e hidrolisada) foram significativamente menores que os dos demais alimentos. A digestibilidade do fósforo da farinha de peixe branca, da farinha de peixe marrom seca ao vapor e da farinha de peixe importada (*flame-dried*) foi maior que a dos demais ingredientes.

DIETAS PRÁTICAS

Dietas para reprodutores

A partir do conhecimento adquirido com outras espécies, é possível inferir que a composição bioquímica dos ovos e das larvas recém-eclodidas de uma determinada espécie reflete as suas necessidades nutricionais básicas (SARGENT *et al.*, 1999). Baseado nessa premissa, pode-se deduzir que os reprodutores de beijupirá exigem altos níveis de LC-PUFA, principalmente ARA, EPA e DHA, uma vez que estes respondem por cerca de 80% dos PUFA encontrados nos ovos e nas larvas recém-eclodidas dessa espécie (FAULK; HOLT, 2003). Da mesma forma, os lipídios totais nos ovos e nas larvas recém-eclodidas do beijupirá continham altas concentrações de n-3 LC-PUFA, das quais 90% eram EPA e DHA (FAULK; HOLT, 2003).

Assim como em outras espécies de peixe marinho de interesse para a aquicultura, uma relação entre os níveis de n-3 LC-PUFA e a qualidade das desovas foi observada no beijupirá (FAULK; HOLT, 2008; NGUYEN *et al.*, 2010, 2012). Faulk e Holt (2008) encontraram diferenças no perfil de ácidos graxos de ovos coletados em dois períodos reprodutivos consecutivos. A única correlação significativa entre a composição e a qualidade desses ovos foi um declínio na proporção de ovos flutuantes à medida que o conteúdo de n-3 LC-PUFA aumentava. Nguyen *et al.* (2010) analisaram os efeitos das concentrações de ácidos graxos essenciais no desempenho reprodutivo e na composição dos ovos. Foi demonstrado que reprodutores alimentados com dietas formuladas com uma composição similar, mas com concentrações de n-3 LC-PUFA variando de 0,94% a 1,72% do peso seco, maturaram e produziram ovos com tamanho e viabilidade comparáveis aos de reprodutores alimentados exclusivamente com peixes e cuja concentração de n-3 LC-PUFA era 1,86% do peso seco. A composição de ácidos graxos da dieta afetou diretamente a composição de ácidos graxos dos ovos (NGUYEN *et al.*, 2010). Esses autores sugeriram que o nível de n-3 LC-PUFA na dieta deve ser maior que 1,9% do peso seco para a melhoria na qualidade dos ovos. Os resultados desse estudo também sugerem que altos níveis de ARA na dieta (entre 0,42% e 0,60% do peso seco) podem afetar negativamente as taxas de fertilização.

Analisando a qualidade das desovas de reprodutores nascidos em cativeiro, Nguyen *et al.* (2012) demonstraram que os lotes de ovos considerados de qualidade superior (com taxas de fertilização acima de 50%) eram aqueles provenientes das maiores desovas (maior fecundidade) e que apresentavam uma maior proporção de ovos flutuantes e maiores diâmetro e peso seco. Esses ovos também possuíam níveis significativamente mais altos de proteína, aminoácidos totais e da maioria dos aminoácidos que os lotes de ovos considerados de baixa qualidade (com fertilização próxima a 0%). Relações significativas ($R^2 \geq 0,75$) entre a composição bioquímica e alguns parâmetros de qualidade dos ovos foram estabelecidas, tais como entre as concentrações de ácido

linolênico (18:3n-3) e lisina com a proporção de blastômeros anormais e a relação entre arginina e glicina e a ocorrência de deformidades nas larvas.

Na prática, a alimentação de reprodutores de beijupirá ainda depende do fornecimento de alimentos frescos congelados e, eventualmente, de alguns suplementos. Em Taiwan, sardinhas, cavalinhas e lulas são fornecidas aos reprodutores uma vez por dia até a saciedade (SU *et al.*, 2000), enquanto nos EUA esses mesmos alimentos são fornecidos diariamente, 6 dias por semana, de forma alternada, a uma taxa de 2% a 4% da biomassa (BENETTI *et al.*, 2008). Nhu *et al.* (2011) citam que, no Vietnã, a alimentação de reprodutores consiste basicamente de peixes a uma taxa diária de 3% a 5% do peso corporal. Cerca de 3 meses antes do início das desovas, porém, inicia-se o fornecimento diário de um suplemento composto de óleo de fígado de lula, vitaminas e premix mineral que dura até o fim do período reprodutivo. No Nordeste do Brasil, reprodutores recém-capturados de beijupirá são inicialmente alimentados com camarões (*L. vannamei*) vivos, mas gradualmente passam a ser fornecidos pedaços de camarão, sardinha (*Opisthonema oglinum*) e lula (*Loligo sp.*) a uma proporção diária de 5% da biomassa (PEREGRINO JR. *et al.*, 2014). Semanalmente cápsulas de vitaminas e lecitina de soja, na forma de bolas com cerca de 1 g, são inseridas nas sardinhas e fornecidas aos peixes. Benetti *et al.* (2008) e Stieglitz *et al.* (2012) também recomendam a suplementação de vitaminas e minerais duas vezes por semana a uma taxa de 1% da alimentação diária.

Na Região Sudeste do Brasil, os reprodutores são mantidos em gaiolas próximas à costa ou em tanques em terra e normalmente são alimentados com sardinhas frescas da família Clupeidae uma vez por dia de quatro a sete vezes por semana a 5% da biomassa ou até a saciedade aparente. Aproximadamente 3 meses antes do período reprodutivo há uma diversificação na dieta, sendo acrescentados lulas (*Loligo sp.*), mexilhões (*Perna perna*), camarões (*Farfantepenaeus sp.*) e premix vitamínico e mineral.

Dietas para larvas

A alimentação de larvas de beijupirá normalmente inclui o fornecimento de rotíferos enriquecidos do 3º aos 8-10º dias após a eclosão (DAE), náuplios recém-eclodidos de *Artemia franciscana* dos 5-6º ao 10º DAE e metanáuplios de *Artemia* enriquecidos com LC-PUFA até o completo fornecimento de microdietas inertes (FAULK; HOLT, 2005; SCHWARZ *et al.*, 2007; BENETTI *et al.*, 2008), o que normalmente ocorre do 22º ao 25º DAE (HOLT *et al.*, 2007). Para se alcançarem maiores taxas de crescimento e sobrevivência durante a transição do alimento vivo para dietas inertes (desmame, ou *weaning*), a partir do 16º DAE até o 24-26º DAE, as larvas devem receber uma mistura de *Artemia* enriquecida e microdietas, o que é comumente chamado de período de *coalimentação*. Pelo menos nos primeiros oito a 10 dias da larvicultura, adicionam-se microalgas, geralmente *Nannochloropsis oculata* (80.000 células ml⁻¹) ou *Isochrysis galbana* (40.000 células ml⁻¹), o que é conhecido como larvicultura em “águas verdes” (HOLT *et al.*, 2007). Vários autores indicam que o uso de pastas de microalgas na larvicultura do beijupirá produz resultados equivalentes ao uso de microalgas vivas (GAUMET *et al.*, 2007; HOLT *et al.*, 2007; SCHWARZ *et al.*, 2008).

A larvicultura em sistemas semi-intensivos foi realizada em Taiwan (LIAO *et al.*, 2004), nos EUA (WEIRICH *et al.*, 2004), no Vietnã (NHU *et al.*, 2011) e no Brasil (SOUZA-FILHO; TOSTA, 2008). Nesse sistema, as larvas são estocadas em densidades comparativamente mais baixas, em tanques de grande volume ou em viveiros escavados, os quais são previamente adubados para estimular a produção de alimento (fito e zooplâncton). Após absorverem o vitelo, o que ocorre geralmente no 2º ou 3º DAE, as larvas passarão a se alimentar de rotíferos, protozoários e náuplios de copépodos (TANG *et al.*, 2006) até o 20º DAE. Os peixes passam então, gradativamente, a receber dietas flutuantes (do 20º ao 45º DAE) e, pelo menos uma vez por semana, sofrem uma seleção a fim de padronizar o tamanho dos animais e assim diminuir a ocorrência de canibalismo (LIAO *et al.*, 2004). Caso o alimento natural presente nos tanques ou viveiros seja consumido pelas larvas, pode-se transferir plâncton de outros tanques

ou viveiros com coletores automáticos e/ou adicionar náuplios de *Artemia* (NHU *et al.*, 2011). A sobrevivência nesse sistema, porém, é variável, normalmente ficando entre 1,0% e 10%. Por outro lado, a disponibilidade de zooplâncton selvagem geralmente resulta em alta taxa de crescimento específico, entre 12,5% e 19,2% do peso vivo por dia (WEIRICH *et al.*, 2004); 0,5 g (6 cm) em 20 dias; e de 2,0 a 5,0 g após 45 dias (LIAO *et al.*, 2004), o que geralmente não é alcançado nas larviculturas intensivas. Em seu estudo pioneiro, Hassler e Rainvillee (1975) indicavam que o crescimento das larvas era maior quando alimentadas com zooplâncton selvagem em comparação às larvas alimentadas unicamente com rotíferos e *Artemia* em sistema de águas verdes.

Ao revisarem o estado da tecnologia de cultivo de larvas do beijupirá, Holt *et al.* (2007) chamam a atenção para as vantagens do enriquecimento dos rotíferos e *Artemia*. Faulk e Holt (2005) analisaram os efeitos do enriquecimento de rotíferos e *Artemia* com microalgas vivas ou com emulsões comerciais ricas em LC-PUFA e constataram que a sobrevivência e o crescimento de larvas do beijupirá no 16º DAE eram significativamente maiores quando alimentadas com presas enriquecidas com emulsões e com *I. galbana* que com *N. oculata*. Foi observada uma correlação positiva entre os níveis de DHA da dieta com os níveis desse ácido graxo no corpo das larvas. Esses autores também concluíram que o enriquecimento dos rotíferos seria mais importante que o de *Artemia*.

Em estudo anterior, Faulk e Holt (2003) levantaram a hipótese de que, além de EPA e DHA, as larvas de beijupirá exigiriam o ARA na dieta, uma vez que as concentrações desse ácido graxo nos tecidos larvais eram mais altas que em outras espécies de peixes marinhos. Enquanto as relações de DHA:EPA e n-3:n-6 LC-PUFA (3,3:1 e 7,2:1, respectivamente) estavam dentro da faixa normalmente observada nas larvas de outros peixes marinhos (SARGENT *et al.*, 1999, 2002), a relação EPA:ARA (2,2:1) era muito mais baixa que os valores normalmente relatados para outras espécies marinhas (OSTROWSKI; DIVAKARAN, 1991; RAINUZZO *et al.*, 1992), o que se deve à alta concentração de ARA. Nesse sentido, Sargent *et al.* (1999) sugerem que peixes tropicais, como o beijupirá, podem ter uma maior exigência por ARA devido às demandas metabólicas do seu habitat natural. Concentrações elevadas de ARA nos tecidos das larvas podem indicar uma alta exigência, que pode ser atendida pelo enriquecimento de rotíferos com produtos contendo altos níveis de ARA, assim como de DHA e EPA (HOLT *et al.*, 2007).

O uso de dietas inertes ainda não é uma prática rotineira na larvicultura do beijupirá. Tang *et al.* (2010) encontraram que 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. Por outro lado, 44% das larvas alimentadas com rotíferos e *Artemia* estavam vivas no 9º DAE, enquanto 100% das larvas mantidas em jejum morreram no 7º DAE. Essa diferença de 2 dias entre a mortalidade total das larvas indica que a microdieta pode ter sido parcialmente digerida pelas larvas, o que, porém, não foi suficiente para mantê-las vivas após o 9º DAE.

Holt *et al.* (2007) acreditam que incrementos no crescimento e a sobrevivência podem ser alcançados com a redução do uso de *Artemia*, já que as larvas de beijupirá são capazes de ingerir partículas de tamanho maior que a *Artemia* a partir do 14º DAE. Dessa forma, o desenvolvimento de microdietas que sejam ingeridas, digeridas e assimiladas pelas larvas é fundamental na estratégia de antecipação do “desmame”. Várias microdietas comerciais são aceitas pelas larvas de beijupirá a partir do 16º DAE, mas, na maioria dos casos, a sobrevivência é significativamente reduzida quando o alimento vivo deixa de ser oferecido antes do 25º DAE (HOLT *et al.*, 2007). Esses resultados indicam uma aparente incapacidade de as larvas do beijupirá digerirem microdietas, o que pode estar relacionado com o fato de a atividade da enzima pepsina, que marca o início das atividades proteolíticas no estômago (ZAMBONINO-INFANTE *et al.*, 2008), só ter sido detectada em larvas de beijupirá após o 22º DAE (SALZE *et al.*, 2012b).

A importância da taurina para as larvas do beijupirá foi demonstrada por Salze *et al.* (2012a). Larvas no 2º DAE alimentadas com rotíferos e náuplios de *Artemia* suplementados com 4 g de taurina.L⁻¹.dia⁻¹ apresentaram maior desenvolvimento,

crescimento e sobrevivência em comparação às larvas alimentadas sem suplementação de taurina. Segundo esses autores, a taurina parece aumentar a atividade de enzimas como a amilase e a tripsina, o que, ao aumentar a biodisponibilidade de nutrientes, propiciaria um maior desenvolvimento e crescimento (SALZE *et al.*, 2012a).

As vantagens do uso de probióticos na aquicultura são relativamente bem descritas na literatura (para uma revisão, consulte PÉREZ-SÁNCHEZ *et al.*, 2014). Especificamente com o beijupirá, Garrido-Pereira *et al.* (2014) investigaram o efeito de um probiótico composto por *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus licheniformis* na larvicultura em um sistema de recirculação de água por 26 dias. A administração de 5 g.L⁻¹ desse probiótico, divididos em quatro doses diárias diretamente na água de cada tanque, estimulou o sistema imunológico das larvas através da diferenciação das células T. Além disso, foi observada uma maior tolerância ao estresse de salinidade, porém não houve diferenças na sobrevivência final da larvicultura (GARRIDO-PEREIRA *et al.*, 2014). Resultados similares foram obtidos para juvenis de 9,4 g criados em tanques-rede por 8 semanas e alimentados com níveis crescentes (1, 2, 3, 4 e 5 g kg⁻¹) de um probiótico comercial composto de *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *Lactobacillus* spp. e *Arthrobacter* spp (GENG *et al.*, 2012). Apesar de a sobrevivência não ter sido afetada pelos tratamentos, a taxa de crescimento específico, os parâmetros de imunidade não específicos (lisozima de soro, atividade adicional da via do complemento, porcentagem de fagocitose e atividade respiratória de macrófagos da parte superior do rim) e a resistência a doenças foram aumentados com a inclusão de probiótico. Nessas condições experimentais foi sugerida uma dose ótima de probiótico através de regressão do tipo polinomial de segunda ordem de 3,3 g kg⁻¹ (GENG *et al.*, 2012).

Dietas para as fases de berçário e engorda

Analisando catorze fazendas de criação de beijupirá em gaiolas em Taiwan, Miao *et al.* (2009) concluíram que os gastos com alimentação representavam 46,1% do custo final de produção. No caso da criação em gaiolas em mar aberto em Pernambuco, Domingues *et al.* (2014) estimaram que os gastos com alimentação dependiam do nível de produtividade e respondiam por 49% a 59% dos custos operacionais. Por sua vez, dependendo do sistema de criação utilizado e da escala de produção, a alimentação pode corresponder a até 80,2% dos custos operacionais da produção do beijupirá em gaiolas no Brasil (BEZERRA *et al.*, 2016; Capítulo 12 deste volume).

Além do óbvio impacto econômico, a alimentação também pode influenciar a qualidade ambiental, principalmente quando realizada de forma equivocada. Embora haja uma tendência de que as fazendas de produção de beijupirá sejam instaladas em mar aberto (KAPETSKY *et al.*, 2013), atualmente a maioria delas opera em áreas protegidas ou próximas à costa. Sob essas condições, a liberação de alimentos não consumidos, fezes e outros resíduos podem afetar significativamente a qualidade da água e alterar a estrutura química e biológica do sedimento, o que é discutido no Capítulo 5 deste livro. Alongi *et al.* (2003) e Tacon e Forster (2003) concordam que impactos ambientais podem ocorrer se práticas inadequadas de alimentação forem empregadas.

Como destacado anteriormente, o uso de rejeito ou descarte de pesca na alimentação de peixes marinhos, inclusive o beijupirá, é uma prática comum em vários países asiáticos (SU *et al.*, 2000; LIAO *et al.*, 2004; NGUYEN *et al.*, 2008; NHU *et al.*, 2011). Esse alimento é fornecido tanto *in natura* como na forma de péletes úmidos, podendo, nesse caso, ser misturado com uma dieta formulada (SU *et al.*, 2000). Além do menor potencial poluidor, as dietas secas (peletizadas ou extrusadas) têm várias vantagens sobre o rejeito/descarte de pesca, tais como maior estabilidade na composição/qualidade nutricional; maior facilidade de uso; menores custos com transporte, armazenamento, preparo e fornecimento; menores perdas por lixiviação; menor risco de introdução de patógenos e parasitas; e, mais importante, podem minimizar a pressão sobre os estoques pesqueiros (SU *et al.*, 2000; De SILVA;

TURCHINI, 2009; TACON; METIAN, 2009). Além disso, considerando aspectos logísticos e de facilidade no manejo, o uso do rejeito ou descarte de pesca não permite a produção em larga escala.

Estudos que compararam o desempenho do beijupirá alimentados com rejeito/descarte de pesca ou com dietas comerciais apresentam resultados discrepantes. No Brasil, Rombenso *et al.* (2009) constataram que juvenis mantidos por 2 meses em gaiolas e alimentados com uma dieta comercial atingiram 90 g, enquanto os alimentados com sardinhas alcançaram 200 g. De modo similar, Moreira (2014) observou que beijupirás alimentados com sardinhas (tratamento “Peixe”) ou uma ração úmida (tratamento “Pasta” – duas partes de sardinhas frescas trituradas e misturadas a uma parte de uma dieta comercial) pesavam cerca de três vezes mais que os que receberam uma dieta comercial extrusada com 45% de proteína bruta, 9,5% de lipídios totais, 5,8% de fibras e 15% de cinzas. O menor crescimento no tratamento “Ração” decorre da baixa qualidade da dieta comercial, a qual não atendia às exigências nutricionais do beijupirá, o que é confirmado pela alta CAA (6,4) desse tratamento. Para os tratamentos “Peixe” e “Pasta”, a CAA foi estimada em 5,8 e 3,7, respectivamente.

Por outro lado, beijupirás criados em gaiolas no Vietnã por 13 meses e alimentados com uma dieta comercial extrusada de qualidade tinham peso médio de 6,8 kg, enquanto os que receberam rejeito de pesca alcançaram apenas 3,5 kg (NGUYEN *et al.*, 2008). Nesse estudo, para peixes com peso entre 1,2 e 3,5 kg, a CAA foi estimada em 2,0 para a dieta comercial e 2,4 para o rejeito. A diferença entre os resultados do estudo de Nguyen *et al.* (2008) dos de Rombenso *et al.* (2009) e Moreira (2014) provavelmente se deve à qualidade das dietas comerciais utilizadas. A qualidade das dietas comerciais inicialmente disponíveis no mercado brasileiro foi discutida por Cavalli *et al.* (2011). Estes autores relataram o lento crescimento e a alta CAA do beijupirá criado em gaiolas no Nordeste do Brasil. Esse baixo desempenho seria devido às dietas não atenderem às exigências nutricionais do beijupirá, especificamente em relação aos níveis de lisina, metionina e de n-3 LC-PUFA, além da baixa atratividade e palatabilidade. Em vista disso, e considerando a disponibilidade e o custo acessível, alguns produtores brasileiros, principalmente no Sudeste do país, têm optado por utilizar o rejeito ou descarte da pesca.

O uso desse tipo de alimento pode ser uma alternativa para diminuir os custos com alimentação desde que o manuseio e o armazenamento sejam realizados de forma adequada. Deve-se, entretanto, considerar que a utilização desse alimento na criação de peixes marinhos vai depender do preço e da disponibilidade local. No Sudeste do Brasil, há certa abundância de rejeito ou descarte de pesca. Em Angra dos Reis, RJ, por exemplo, o descarte de pesca é composto principalmente por sardinhas da família Clupeidae, as quais, por serem fisicamente danificadas (amassadas) durante o manuseio e transporte nos barcos pesqueiros, têm baixo valor comercial (ROMBENSO *et al.*, 2014). A disponibilidade anual de descarte de pesca na região de Angra dos Reis é estimada em cerca de 200 t, mas seria de 27.000 t em todo o litoral sul do Rio de Janeiro (ANDRÉ DE ARAÚJO, com. pessoal). Entretanto, esse volume pode variar devido a eventos naturais, como mudanças na temperatura da água e na taxa de recrutamento. Além disso, muitos barcos optam por descartar as sardinhas danificadas em alto-mar. No litoral norte paulista, o rejeito de pesca é oriundo da pesca de arrasto do camarão, sendo composto por crustáceos, moluscos e peixes. Estima-se que para cada quilo de camarão capturado cerca de 9 kg de *by-catch* são produzidos, originando, dessa forma, um volume considerável de rejeito.

Em Ilha Grande, RJ, elevadas quantidades de descarte da sardinha, que não são aproveitadas pela indústria de beneficiamento do pescado, vem sendo usadas como alimento dos peixes. Nesse local, o uso do descarte como alimento do beijupirá beneficia vários envolvidos na atividade, pois os barcos de pesca têm custo reduzido ao não ter que despejar o descarte em alto-mar, a Prefeitura de Angra dos Reis não tem que destinar esse material para aterros sanitários, e os produtores fornecem um alimento de relativa qualidade e custo acessível. O descarte é coletado semanalmente logo após

a chegada dos barcos de pesca no cais, sendo então lavado com água salgada e armazenado em câmaras frigoríficas. A composição centesimal (base seca) do descarte consiste em 72% de proteína bruta, 10% de lipídios totais, 16% cinzas e 2% de fibras (ROMBENSO *et al.*, 2014).

Alguns produtores da região Sudeste do Brasil optaram por utilizar, nas fases intermediária e de engorda, uma dieta úmida produzida na própria fazenda e que consiste na mistura do descarte de pesca com uma ração comercial (45% de proteína bruta e 12% de lipídios totais) e um premix vitamínico e mineral. O fornecimento da dieta úmida facilita sobremaneira o manejo na fase inicial da engorda, pois o preparo do descarte de pesca em pedaços compatíveis ao tamanho da boca dos juvenis de beijupirá é uma prática extremamente trabalhosa. O uso da dieta úmida e de uma dieta comercial no crescimento de juvenis de beijupirá foi avaliado no Rio de Janeiro. Ao final de três meses, os beijupirás alimentados com ambas as dietas apresentaram crescimento considerado satisfatório (peso inicial de 146 g e 155 g e final de 367 g e 380 g, respectivamente) e sobrevivência de, pelo menos, 98%. A dieta comercial teve menor CAA (1,4: 1) que a úmida (5,5: 1), que apresenta maior lixiviação e tem muito mais água na sua composição. Além de demonstrar o potencial das dietas formuladas aos produtores durante a fase de engorda, esses resultados indicam uma aparente melhora na qualidade das dietas comerciais disponíveis no mercado brasileiro.

PRÁTICAS DE ALIMENTAÇÃO (OU ARRAÇOAMENTO)

Apesar da importância do manejo da alimentação sobre a sustentabilidade da criação do beijupirá, principalmente em relação aos aspectos econômicos e ambientais, até agora poucos estudos se preocuparam em estabelecer suas práticas de alimentação adequadas. A frequência diária de fornecimento da dieta tem reconhecido papel no desempenho dos peixes (MURAI; ANDREWS, 1976; JOBLING, 1983). Só recentemente, contudo, esse aspecto passou a ser considerado para o beijupirá. Em um estudo realizado com gaiolas de pequeno porte no Rio de Janeiro, Sampaio (com. pessoal) não encontrou diferenças na sobrevivência e no crescimento de beijupirás com peso inicial de 3,0 g quando alimentados com três, seis ou nove refeições diárias. Em um estudo com larvas, Nhu (2009) também não encontrou diferenças no crescimento quando uma dieta de “desmame” foi oferecida continuamente (das 06h às 18h) ou dividida em quatro ou sete refeições diárias durante 15 dias. Esse autor, no entanto, constatou que a mortalidade devido ao canibalismo foi menor com a alimentação contínua, mas não encontrou diferença quando os peixes foram alimentados com quatro ou sete refeições por dia. O canibalismo é promovido por diferenças no tamanho dos peixes e, entre outros fatores, pode ser afetado pela disponibilidade de alimento (GOLDAN *et al.*, 1997). Em algumas espécies, uma maior frequência de alimentação diminui a variação de tamanho e, portanto, minimiza a ocorrência do canibalismo, assim como o estresse e a mão de obra com a separação dos peixes por tamanho (ou “gradeamento”) (DOU *et al.*, 2000; GOLDAN *et al.*, 1997).

Juvenis de beijupirá com peso inicial de 110 g foram alimentados com a mesma quantidade de uma dieta comercial em uma, duas, três, quatro ou seis refeições diárias (COSTA-BOMFIM *et al.*, 2014). Após 60 dias, não foram encontradas diferenças significativas na sobrevivência, no ganho de peso, na taxa de crescimento específico, no fator de condição, na ingestão da dieta e na homogeneidade do lote de peixes. Esses autores concluíram, portanto, que não haveria benefício em fornecer mais que uma refeição diária para beijupirás nessa faixa de peso. Como o beijupirá é um peixe voraz, que muitas vezes ingere presas inteiras (SHAFFER; NAKAMURA, 1989), ele seria capaz de alcançar a saciedade após uma única refeição, o que explicaria os resultados de COSTA-BOMFIM *et al.* (2014). No entanto, a prática comum nas criações é utilizar mais que uma refeição diária. Durante o “desmame”, por exemplo, os juvenis são alimentados de cinco a seis vezes por dia (LIAO *et al.*, 2004) ou até dez vezes por dia (BENETTI *et al.*, 2008; NGUYEN *et al.*, 2011). Na engorda, o beijupirá pode ser alimentado

uma vez por dia, seis dias por semana (LIAO *et al.*, 2004) ou duas vezes por dia (BENETTI *et al.*, 2010). Moreira *et al.* (2015) constataram que beijupirás com peso inicial de 16 g tiveram maior crescimento e menor CAA quando alimentados até a saciedade aparente com duas ou três refeições diárias que com apenas uma refeição. Além disso, quanto maior o número de refeições, mais homogêneo era o tamanho dos peixes. Esses resultados sugerem que o desempenho de juvenis pode ser otimizado com duas refeições diárias, o que facilitaria o manejo e minimizaria os custos com mão de obra e deslocamento até as gaiolas. A discrepância entre os resultados de Costa-Bomfim *et al.* (2014), segundo os quais uma refeição diária seria suficiente, e a prática de duas ou mais refeições por dia nas fazendas de beijupirá pode ser explicada por diferenças no tamanho dos peixes e pelo manejo. Nas criações comerciais, um grande número de peixes é mantido nos tanques ou nas gaiolas, sendo comum que o comportamento do beijupirá durante a alimentação resulte em interações agressivas. Sob tais condições, é difícil assegurar que todos os peixes se alimentem e, portanto, é comum optar por duas ou mais refeições diárias, pois isso aumentaria as chances de os peixes menores ou menos ativos se alimentarem (SCHNAITACHER *et al.*, 2005). Infelizmente, pouco se sabe sobre os padrões de comportamento, como a hierarquia de tamanho e dominância social do beijupirá. Dessa forma, pode-se sugerir que, no início da fase de engorda, seja aplicada uma frequência alimentar de, no mínimo, duas refeições diárias, enquanto nas fases posteriores da engorda se recomendaria uma frequência de, no máximo, de duas vezes por dia.

Com relação à taxa diária de alimentação, Su *et al.* (2000) sugerem que, para beijupirás criados em gaiolas com peso entre 30 g e 5 kg, esta deveria variar entre 4,3% e 7,8% da biomassa estimada, diminuindo com o tamanho médio dos peixes (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Tamanho dos péletes (mm), taxa diária de arraçoamento (% da biomassa de peixes) e conversão alimentar aparente (CAA) em relação ao peso médio (g) do beijupirá (*Rachycentron canadum*) criado em gaiola

Peso médio dos peixes	Tamanho do pélete	Taxa diária de arraçoamento	CAA
30	1,5	7,8	1,02
100	2,5	6,4	1,18
200	5,0	6,1	1,23
500	8,0	5,0	1,46
1.000	12,0	5,2	1,48
3.000	18,0	4,8	1,76
5.000	18,0	4,3	1,80

Fonte: Su *et al.*, 2000.

Em Taiwan, os peixes são alimentados uma vez por dia a uma taxa de arraçoamento de 0,5% a 0,7% do peso corporal, o que resulta em CAA em torno de 1,5 na fase de engorda (LIAO *et al.*, 2004). Em uma criação realizada durante 12 meses em gaiolas submersas no Caribe, Benetti *et al.* (2010) relatam que beijupirás com peso médio inicial de 3,0 g foram alimentados à saciedade, o que correspondeu a aproximadamente 5% por dia da biomassa total, estimada durante os primeiros três meses. Gradativamente, porém, a taxa de arraçoamento foi reduzida para 2,0% por dia durante os nove meses finais da criação. Nesse caso, a resposta dos peixes à alimentação foi observada por mergulhadores. Por sua vez, Moreira (2014) não observou diferenças no crescimento e na sobrevivência de juvenis (42 g) alimentados com 100%, 80% e 60% da quantidade de dieta necessária para os peixes aparentemente atingirem a saciedade. Ao final do estudo, a variação de tamanho foi menor nos peixes alimentados com taxa de 100%, sugerindo a ocorrência de dominância alimentar dos peixes maiores sobre os menores (AYDIN *et al.*, 2011). Portanto, a taxa de alimentação de 60% da saciedade aparente seria recomendada para a engorda do beijupirá nessa faixa de peso, apesar da maior variação no tamanho, o que poderia ser minimizado através da classificação periódica (“gradeamento”) dos animais.

A interação da frequência alimentar e da taxa diária de alimentação foram avaliados por Oliveira (2016) em um delineamento fatorial, no qual foram testadas

1, 3 e 6 refeições diárias e 3, 6 e 12% da biomassa dos peixes. A taxa de alimentação teve maior influência no desempenho do beijupirá que a frequência. Este autor recomenda que, para juvenis com peso entre 1,6 a 38,7 g, sejam fornecidas de três a seis refeições diárias com uma taxa de alimentação entre 6,16 e 10,51%, a qual deve decrescer à medida que os peixes crescem.

Embora o efeito do processamento da dieta sobre o desempenho do beijupirá ainda não tenha sido experimentalmente analisado, sabe-se que a extrusão é uma ferramenta importante, pois, além de aumentar a digestibilidade, favorece outros aspectos nutricionais das dietas, como a durabilidade e estabilidade em água, e também melhora o custo-benefício (SØRENSEN *et al.*, 2009; SULEIMAN *et al.*, 2014). Na fase de berçário, é prática comum o fornecimento de dietas flutuantes (LIAO *et al.*, 2004), enquanto, na engorda, o uso de dietas extrusadas flutuantes ou que afundam vagarosamente (*slow sinking*) é rotineiro (LIAO *et al.*, 2004; BENETTI *et al.*, 2008, 2010; NHU *et al.*, 2011), o que estaria de acordo com o comportamento alimentar da espécie.

REFERÊNCIAS

- ALONGI, D.M. *et al.* The influence of fish cage aquaculture on pelagic carbon flow and water chemistry in tidally dominated mangrove estuaries of peninsular Malaysia. **Marine Environmental Research**, v. 55, p. 313-333, 2003.
- ARENDDT, M.D.; OLNEY, J.E.; LUCY, J.A. Stomach content analysis of cobia, *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay. **Fishery Bulletin**, v. 99, p. 665-670, 2001.
- AYDIN, I. *et al.* The effect of feeding frequency and feeding rate on growth performance of juvenile black sea turbot (*Psetta maxima*, Linnaeus, 1758). **Journal of Fisheries Science**, v. 5, p. 35-42, 2011.
- BENETTI, D.D. *et al.* Advances in hatchery and grow-out technology of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701-711, 2008.
- BENETTI, D.D. *et al.* Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 302, p. 195-201, 2010.
- BEZERRA, T.R.Q. *et al.* Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. **Aquaculture International**, v. 24, p. 609-622, 2016.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 155-164, 2011.
- CAVALLI, R.O.; GARCIA, A.S. Exigências nutricionais e alimentação do beijupirá. In FRACALOSI, D.M., CYRINO, J.E.P. (Eds.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: AQUABIO. 2012. p. 269-282.
- CHEN, H.Y.; LIAO, I.C. Nutritional research and feed development in cobia: status and prospects. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Taipei: Asian Fisheries Society. 2007. p. 89-96.
- CHI, S. *et al.* The apparent digestibility of 13 selected animal feedstuff for cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 48, p. 280-289, 2017.
- CHO, S.H. *et al.* Effect of dietary protein and lipid levels on growth and body composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L) reared under optimum salinity and temperature conditions. **Aquaculture Nutrition**, v. 11, p. 235-240, 2005.
- CHOU, R.L.; SU, M.S.; CHEN, H.Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, p. 81-89, 2001.
- CHOU, R.L. *et al.* Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 229, p. 325-333, 2004.
- COSTA-BOMFIM, C.N. **Alimentação do beijupirá (*Rachycentron canadum*) cultivado com resíduos do processamento de camarão**. Tese (Doutorado). 2012. 126f. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- COSTA-BOMFIM, C.N. *et al.* The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). **Journal of Applied Ichthyology**, v.30, p. 135-139, 2014.

- COSTA-BOMFIM, C.N. *et al.* Growth, feed efficiency and body composition of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) fed increasing dietary levels of shrimp protein hydrolysate. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 1759-1766, 2017.
- CRAIG, S.R.; WASHBURN, B.; GATLIN, D.M. Effects of dietary lipids on body composition and liver function in juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 21, p. 249-255, 1999.
- CRAIG, S.R.; SCHWARZ, M.H.; McLEAN, E. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. **Aquaculture**, v. 261, p. 384-391, 2006.
- COUTTEAU, P. *et al.* Review on the dietary of phospholipids in fish and crustacean larviculture. **Aquaculture**, v. 155, p. 149-164, 1997.
- CUI, X.J. *et al.* Effects of dietary carbohydrate sources on the growth performance and hepatic carbohydrate metabolic enzyme activities of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 42, p. 99-107, 2010.
- DE SILVA, S.S.; TURCHINI, G.M. Use of wild fish and other aquatic organisms as feed in aquaculture-a review of practices and implications in the Asia-Pacific. Fish as feed in puts for aquaculture: practices, sustainability and implications. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical paper**, v. 518, p. 63-127, 2009.
- DING, Z. *et al.* No significant effect of additive rations of docosahexaenoic acid to eicosapentaenoic acid on the survival and growth of cobia (*Rachycentron canadum*) juvenile. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 254-261, 2009.
- DOMINGUES, E.C. *et al.* Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, p. 237-249, 2014.
- DOU, S.; SEIKAI, T.; TSUKAMOTO, K. Cannibalism in Japanese flounder juveniles, *Paralichthys olivaceus*, reared under controlled conditions. **Aquaculture**, v. 182, p. 149-159, 2000.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The state of world fisheries and aquaculture 2012**. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome: FAO. 2014. 223p.
- FAULK, C.K.; HOLT, G.J. Lipid nutrition and feeding of cobia *Rachycentron canadum* larvae. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, p. 368-378, 2003.
- FAULK, C.K.; HOLT, G.J. Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae in recirculating system: live prey enrichment and greenwater culture. **Aquaculture**, v. 249, p. 231-243, 2005.
- FAULK, C.K.; HOLT, G.J. Biochemical composition and quality of captive-spawned cobia *Rachycentron canadum* eggs. **Aquaculture**, v. 279, p. 70-76, 2008.
- FEELEY, M.W.; BENETTI, D.D.; AULT, J.S. Elevated oxygen uptake and high rates of nitrogen excretion in early life stages of the cobia *Rachycentron canadum* (L.), a fast-growing subtropical fish. **Journal of Fish Biology**, v. 71, p. 1662-1678, 2007.
- FINES, B.C.; HOLT, G.J. Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 303, p. 34-39, 2011.
- FRASER, T.W.K.; DAVIES, S.J. Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 1219-1234, 2009.
- GARRIDO-PEREIRA, M.A. *et al.* Probiotic effect on cobia *Rachycentron canadum* larvae reared in a recirculating aquaculture system. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 42, p. 1169-1174, 2014.
- GAUMET, F. *et al.* Advances in cobia, *Rachycentron canadum*, research in La Réunion Island (France): problems and perspectives. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia Aquaculture: research, development and commercial production**. Taipei: Asian Fisheries Society. 2007. pp. 115-129.
- GEIGER, E. Experiments with delayed supplementation of incomplete amino acid mixtures. **Journal of Nutrition**, v. 34, p. 97-111, 1947.
- GENG, X. *et al.* Effects of dietary chitosan and *Bacillus subtilis* on the growth performance, non-specific immunity and disease resistance of cobia, *Rachycentron canadum*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 31, p. 400-406, 2011.
- GENG, X. *et al.* Effects of dietary probiotics on the growth performance, non-specific immunity and disease resistance of cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 46-55, 2012.

- GEURDEN, I. *et al.* Phospholipid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae starved or fed different phospholipid classes. **Aquaculture**, v. 171, p. 93-107, 1999.
- GOLDAN, O.; POPPER, D.; KARPLUS, I. Management of size variation in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata*), I: particle size and frequency of feeding dry and live food. **Aquaculture**, v. 152, p. 181-190, 1997.
- HASSLER, W.W.; RAINVILLE, R.P. **Techniques for hatching and rearing cobia, *Rachycentron canadum*, through larval and juvenile stages.** University of North Carolina Sea Grant College Program, Raleigh, USA. 1975. 26pp.
- HOLT, G.J.; FAULK, C.; SCHWARZ, M. A review of the larviculture of cobia *Rachycentron canadum*, a warmwater marine fish. **Aquaculture**, v. 268, p. 181-187, 2007.
- HUANG, C. *et al.* Study on regional production and economy of cobia (*Rachycentron canadum*) commercial cage culture. **Aquaculture International**, v. 19, p. 649-664, 2011.
- JOBLING, M. Effect of feeding frequency on food intake and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. **Journal of Fish Biology**, v. 23, p. 177-185, 1983.
- KAMALAM, B.S.; MEDALE, F.; PANSERAT, P. Utilisation of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. **Aquaculture**, v. 467, p. 3-27, 2017.
- KAPETSKY, J.M.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; JENNESS, J. **A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective.** FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper no. 549. Rome: FAO. 2013. 181pp.
- LIAO, I.C. Aquaculture practices in Taiwan and its vision. **Journal of the Fisheries Society of Taiwan**, v. 32, p. 193-206, 2005.
- LIAO, I. C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LIU, K. *et al.* Dietary selenium requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 594-601, 2010.
- LU, C.H.; KU, C.C. Effects of shrimp waste meal on growth performance and chitinase activity in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Research**, v. 44, p. 1190-1195, 2013.
- LUNGER, A.N. *et al.* Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 271, p. 401-410, 2007.
- LUO, Y. *et al.* Effects of dietary rapessed meal on growth performance, digestion and protein metabolism in relation to gene expression of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 368-369, p. 109-116, 2012.
- MACH, T.N.D.; NGUYEN, D.M.; NORTVEDT, R. Effects on digestibility and growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) fed fish or crab silage protein. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 305-312, 2010.
- MACH, T.N.D.; NORTVEDT, R. Free amino acid distribution in plasma and liver of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) fed increased levels of lizardfish silage. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 644-656, 2011.
- MAI, K. *et al.* Dietary choline requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 289, p. 124-128, 2009.
- McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S.R. Parasites, diseases and deformities of cobia. **Ribarstvo**, v. 66, p. 1-16, 2008.
- MEYER, G.H.; FRANKS, J.S. Food of cobia *Rachycentron canadum* from the northcentral Gulf of Mexico. **Gulf Research Report**, v. 9, p. 161-167, 1996.
- MIAO, S. *et al.* Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. **Aquaculture International**, v. 17, p. 125-141, 2009.
- MONROIG, O. *et al.* Biosynthesis of long-chain polyunsaturated fatty acids in marine fish: Characterization of an Elovl4-like elongase from cobia *Rachycentron canadum* and activation of the pathway during early life stages. **Aquaculture**, v. 312, p. 145-153, 2011.
- MOREIRA, C.B. **Manejo alimentar e ectoparasitos de juvenis de beijupirás (*Rachycentron canadum*) criados em tanque-rede.** 2014. 87f. Tese (Doutorado em Aquicultura). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

- MOREIRA, C.B. *et al.* Feeding frequency affects growth of juvenile cobia *Rachycentron canadum* cultured in near-shore cages, **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, p. 219-226, 2015.
- MURAI, T.; ANDREWS, J.W. Effect of frequency of feeding on growth and food conversion of channel catfish fry. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 42, p. 159-161, 1976.
- NEMATIPOUR, G.R.; BROWN, M.L.; GATLIN, D.M. Effects of dietary carbohydrate: lipid ratio on growth and body composition of hybrid striped bass. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 23, p. 128-132, 1992.
- NGUYEN, Q.H. *et al.* 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. (Eds.). **Cage aquaculture in Asia: Proceeding of the Second International Symposium on cage aquaculture in Asia**. Manila: Asian Fishery Society. 2008. pp. 42-47.
- NGUYEN, Q.H. *et al.* Effects of dietary essential fatty acid levels on broodstock spawning performance and egg fatty acid composition of cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, p. 689-699, 2010.
- NGUYEN, Q.H. *et al.* Effects of early weaning strategies on growth, survival and digestive enzymes activities in cobia (*Rachycentron canadum*) larvae. **Aquaculture International**, v. 19, p. 63-78, 2011.
- NGUYEN, Q.H. *et al.* Evaluation of egg quality in broodstock cobia *Rachycentron canadum* L. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 371-385, 2012.
- NGUYEN, M.V. *et al.* Imbalanced lysine to arginine ratios reduce performance in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) fed high plant protein diets. **Aquaculture Nutrition**, v. 20, p. 25-35, 2014.
- NHU, V.C. **Optimization of the larviculture of the tropical fish cobia (*Rachycentron canadum*) in Vietnam**. 2009. 200f. Tese (Doutorado), Ghent University, Ghent, Belgium.
- NHU, V.C. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. **Aquaculture**, v. 315, p. 20-25, 2011.
- NIE, J. *et al.* Effects of dietary manganese sources and levels on growth performance, relative manganese bioavailability, antioxidant activities and tissue mineral content of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* L). **Aquaculture Research**, v. 47, p. 1402-1412, 2016.
- NIU, J. *et al.* The effect of different levels of dietary phospholipids on growth, survival and nutrient composition of early juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition**, v. 14, p. 249-256, 2008a.
- NIU, J. *et al.* 2008b. Effects of dietary phospholipid level in cobia (*Rachycentron canadum*) larvae: growth, survival, plasma lipids and enzymes of lipid metabolism. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 34, p. 9-17, 2008b.
- NRC (National Research Council). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: The National Academies Press. 2011. 376pp.
- OLIVEIRA, R.L.M. **Manejo alimentar e desempenho de juvenis de robalo-flecha, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) e de beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766)**. 2016. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.
- OSTROWSKI, A.C.; DIVAKARAN, S. Energy substrates for eggs and prefeeding larvae of the dolphin *Coryphaena hippurus*. **Marine Biology**, v. 109, p. 149-155, 1991.
- PEREGRINO JR., R.B. **Análise do conteúdo estomacal do beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), na costa do Estado de Pernambuco**. Monografia (Graduação). 2005. 28f. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, Brasil.
- PEREGRINO JR., R.B. *et al.* Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 681-687, 2014.
- PÉREZ-SÁNCHEZ, T. *et al.* Probiotics in aquaculture: a current assessment. **Reviews in Aquaculture**, v. 6, p. 133-146, 2014.
- QIAO, Y.G. *et al.* Evaluation of iron methionine and iron sulphate as dietary iron sources for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 721-730, 2013.

- QIAO, Y.G. **Study on nutrition physiology of zinc, iron and copper in cobia (*Rachycentron canadum*)**. 2016. Disponível em: <http://www.dissertationtopic.net/doc/1357968>. Acesso em 20.12.2016.
- RAINUZZO, J.R.; REITAN, K.I.; JORGENNSEN, L. Comparative study on the fatty acid and lipid composition of four marine fish larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 103, p. 21-26, 1992.
- REN, M. *et al.* 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**, v. 42, p. 1467-1475, 2011.
- REN, M.C. *et al.* **Apparent digestibility of seven protein ingredients for cobia, *Rachycentron canadum***. 2012. Disponível em: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTTotal-QDHY2012S1007.htm. Acesso em 21.07.2017.
- REN, M.; AI, Q.; MAI, K. Dietary arginine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Research**, v. 45, p. 225-233, 2014.
- ROBERTS, R.J. Nutritional pathology. In HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.). **Fish Nutrition**, 3ª ed. New York: Academic Press. 2002. pp. 454-505
- ROMBENSO, A.N.; TRUSHENSKI, J.T. **Is a fish oil-free cobia feed possible?** 2016. Disponível em: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/is-a-fish-oil-free-cobia-feed-possible/>. Acesso em 11.08.2017.
- ROMBENSO, A.N. *et al.* **Avaliação do crescimento de beijupirá (*Rachycentron canadum*) alimentados com uma dieta comercial e peixe fresco**. Segunda conferencia Latinoamericana sobre cultivo de peces nativos. Chascomús, Argentina. 2009. pp. 55.
- ROMBENSO, A.N.; LISBOA, V.; SAMPAIO, L.A. Promovendo a maricultura no Rio de Janeiro – Sudeste do Brasil. **Infopesca International**, v. 56, p. 16-20, 2014.
- SAADIAH, I.; ABOL-MUNAFI, A.M.; UTAMA, C.M.C. Replacement of fish meal in cobia (*Rachycentron canadum*) diets using poultry by-product meal. **Aquaculture International**, v. 19, p. 637-648, 2011.
- SALZE, G. *et al.* Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, p. 294-299, 2010.
- SALZE, G. *et al.* Morphological development of larval cobia *Rachycentron canadum* and the influence of dietary taurine supplementation. **Journal of Fish Biology**, v. 78, p. 1470-1491, 2011.
- SALZE, G., McLEAN, E., CRAIG, S.R. Dietary taurine enhances growth and digestive enzyme activities in larval cobia. **Aquaculture**, v. 362/363, p. 44-49, 2012a.
- SALZE, G.; McLEAN, E.; CRAIG, S.R. Pepsin ontogeny and stomach development in larval cobia. **Aquaculture**, v. 324/325, p. 315-318, 2012b.
- SARGENT, J. *et al.* Lipid nutrition of marine fish during early development: status and future direction. **Aquaculture**, v. 179, p. 217-229, 1999.
- SARGENT, J.R.; TOCHER, D.R.; BELL, J.G. The lipids. In HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.). **Fish Nutrition**, 3ª ed. New York: Academic Press. 2002. pp. 181-257.
- SCHNAITTACHER, G.; WILLIAM, K.V.; BERLINSKY, D.L. The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 370-377, 2005.
- SCHWARZ, M.H.; McLEAN, E.; CRAIG, S.R. 2007 Research experience with cobia: larval rearing, juvenile nutrition and general physiology. In LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Eds.). **Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production**. Taipei: Asian Fisheries Society. 2007. p. 1-17.
- SCHWARZ, M.H. *et al.* Efficacy of concentrated algal paste during greenwater phase of cobia larviculture. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 20, p. 285-294, 2008.
- SHAFFER, R.V., NAKAMURA, E.L. **Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae)**. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce. 1989. 20pp.
- SOUZA-FILHO, J.J.; TOSTA, G.A.M. Beijupirá: As primeiras desovas da geração F1. **Panorama da Aqüicultura**, v. 18, n. 110, p. 50-53, 2008.

- SØRENSEN, M. *et al.* Soybean meal improves the physical quality of extruded fish feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 149, p. 149-161, 2009.
- STIEGLITZ, J.D. *et al.* Environmentally conditioned, year-round volitional spawning of cobia, *Rachycentron canadum* in broodstock maturation systems. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1557-1566, 2012.
- SU, M.S.; CHIEN, Y.H.; LIAO, I.C. Potential of marine cage aquaculture in Taiwan: cobia culture. In LIAO, I.C.; LIN, C.K. (Eds.). **Cage Aquaculture in Asia** – Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia. Taipei: Asian Fisheries Society. 2000. pp. 97-109.
- SUAREZ, J.A. *et al.* Replacement of fish meal by a novel non-GM variety of soybean meal in cobia, *Rachycentron canadum*: Ingredient nutrient digestibility and growth performance. **Aquaculture**, v. 416/417, p. 328-333, 2013.
- SULEIMAN, R.A.; YU, C.; ROSENTRATER, K.A. **Techno-economic analysis (TEA) of extruded aquafeeds**. ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting. Montreal, Canada. 2014. pp. 1-24.
- TACON, A.G.J.; FORSTER, I.P. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**, v. 226, p. 181-189, 2003.
- TACON, A.G.J.; METIAN, M. Fishing for aquaculture: Non-food use of small pelagic forage fish – a global perspective. **Reviews in Fisheries Science**, v. 17, p. 305-317, 2009.
- TANG, B.G. *et al.* Alimentary canal contents of cobia (*Rachycentron canadum*) larvae cultured in ponds. **Journal of Zhanjiang Ocean University**, v. 26, p. 12-16, 2006.
- TANG, B.G.; CHEN, G.; WU, Z.H. Application of a microdiet in cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) larvae rearing. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 315-320, 2010.
- TIEN, N.V. *et al.* Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 463, p. 193-200, 2016.
- TRUSHENSKI, J. *et al.* 2011a. Fish meal replacement with soy-derived protein in feeds for juvenile cobia: influence of replacement level and attractant supplementation. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, p. 435-443, 2011a.
- TRUSHENSKI, J. *et al.* Effect of replacing dietary fish oil with soybean oil on production performance and fillet lipid and fatty acid composition of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 437-447, 2011b.
- TRUSHENSKI, J. *et al.* DHA is essential, EPA appears largely expendable in meeting the n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid requirements of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 326-329, p. 81-89, 2012.
- TRUSHENSKI, J. *et al.* Amending reduced fish-meal feeds with marine lecithin, but not soy lecithin, improves the growth of juvenile cobia and may attenuate heightened responses to stress challenge. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 97, p. 170-80, 2013.
- WANG, J.T. *et al.* Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 249, p. 439-447, 2005.
- WATSON, A.M.; BARROWS, F.T.; PLACE, A.R. Effects of graded taurine levels on juvenile cobia. **North American Journal of Aquaculture**, v. 76, p. 190-200, 2014.
- WEBB, K.A.; RAWLINSON, L.T.; HOLT, G.J. Effects of dietary starches and the protein to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 447-456, 2010.
- WEIRICH, C.R. *et al.* Pond culture of larval and juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, in the Southeastern United States: initial observations. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 16, p. 27-44, 2004.
- WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.). **Fish Nutrition**, 3^a ed. New York: Academic Press. 2002. pp. 143-179.
- WOITEL, F.R. *et al.* More judicious use of fish oil in cobia feeds: I. Assessing the relative merits of alternative lipids. **North American Journal of Aquaculture**, v. 76, p. 222-231, 2014a.
- WOITEL, F.R. *et al.* More judicious use of fish oil in cobia feeds: II. Effects of graded fish oil sparing and finishing. **North American Journal of Aquaculture**, v. 76, p. 232-241, 2014b.
- XIAO, L.D. *et al.* Dietary ascorbic acid requirement of cobia, *Rachycentron canadum* Linnaeus. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, p. 582-589, 2010.

- ZAMBONINO-INFANTE, J.L. *et al.* Ontogeny and physiology of the digestive system of marine fish larvae. In CYRINO, J.E.P.; BUREAU, D.P.; KAPOOR, B.G. (Eds.). **Feeding and digestive functions of fishes**. Enfield: Science Publishers. 2008. pp. 281-348.
- ZHENG, X. *et al.* Physiological roles of fatty acyl desaturases and elongases in marine fish: characterisation of cDNAs of fatty acyl $\Delta 6$ desaturase and elovl5 elongase of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 290, p. 122-131, 2009.
- ZHOU, Q.C. *et al.* Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 241, p. 441-451, 2004.
- ZHOU, Q.C. *et al.* Optimal dietary methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 258, p. 551-557, 2006.
- ZHOU, Q.C. *et al.* Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 273, p. 634-640, 2007.
- ZHOU, Q.C. *et al.* Evaluation of poultry by-product in commercial diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 322/323, p. 122-127, 2011.
- ZHOU, Q.C. *et al.* Effect of dietary vitamin C on the growth performance and innate immunity of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 32, p. 969-975, 2012.
- ZHOU, Q.C. *et al.* Dietary vitamin E could improve growth performance, lipid peroxidation and non-specific immune responses for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 421-429, 2013.

CAPÍTULO 7

LESÕES HISTOLÓGICAS EM BEIJUPIRÁS PROVENIENTES DE CRIAÇÕES COMERCIAIS NO BRASIL

Alitieni Moura Lemos Pereira
Roberta Almeida Rodrigues
Pedro Filipe Ribeiro Araújo

A intensificação nos sistemas de produção de organismos aquáticos pode afetar a produtividade: altas densidades, manejo inadequado, deficiências nutricionais e variações nas características físico-químicas da água favorecem a quebra no equilíbrio do sistema hospedeiro/patógeno/ambiente (MARTINS, 2004). Sob condições ambientais inadequadas e baixa resistência do organismo, ocorre a proliferação dos patógenos, muitas vezes oportunistas, culminando em mortalidades e perdas econômicas (LUQUE, 2004).

Um dos principais agentes causadores de mortalidade do beijupirá (*Rachycentron canadum*) na fase de engorda é o copépode *Caligus* sp., além do monogenético *Neobenedenia girellae* (MARTINS, 2004). *Amyloodinium* sp., *Cryptocarium*, *Photobacterium* spp., *Vibrio* spp. e viroses causadas por linfocitose também são comuns na larvicultura dessa espécie (McLEAN *et al.*, 2008). A existência de uma alta diversidade de parasitas em águas pelágicas que usam a comunidade zooplancônica como hospedeiro intermediário pode ser a causa para a maior incidência de doenças parasitárias no beijupirá (ANDRADE *et al.*, 2014). Guidelli *et al.* (2008) registraram treze espécies de parasitas em onze exemplares selvagens de beijupirás procedentes do litoral da Bahia, próximo à área de criação em tanques-rede, demonstrando o potencial do peixe para abrigar agentes etiológicos de doenças que podem alcançar os sistemas de produção.

Os métodos profiláticos são o melhor caminho para o sucesso de uma piscicultura do ponto de vista sanitário. Para evitar, reduzir ou controlar enfermidades na produção, é necessário que haja um permanente nível de atenção, de comprometimento e de coordenação de todos os envolvidos (SANTOS *et al.*, 2005). Existe uma série de práticas a serem adotadas como medidas profiláticas, essencialmente ligadas a boas práticas de manejo, como a manutenção da qualidade da água e atenção à densidade de estocagem, a profilaxia dos tanques e de novos lotes adquiridos (quer de adultos, quer de alevinos e ovos), a realização da quarentena, a desinfecção do pessoal envolvido na rotina dos estabelecimentos e a esterilização dos instrumentos. Aliado a isso tudo, o monitoramento constante da sanidade, por meio de observação direta dos animais ou de quaisquer anormalidades, é fundamental para o controle das doenças na piscicultura (SADLER; GOODWIN, 2007).

Um dos principais desafios para a aquicultura no Brasil é reduzir as perdas na produção relacionadas a doenças infecciosas e parasitárias (CECCARELLI *et al.*, 1990; KLESIUS; ROGERS, 1995; VALENTI *et al.*, 2000; MARTINS, 2004), por causa da falta de conhecimento sobre a fauna parasitológica presente nos peixes criados, seja ela normal ou em condições de doença. Com o início da produção comercial do beijupirá no Brasil, é importante avaliar a presença de potenciais patógenos que possam provocar prejuízos e, ao mesmo tempo, avaliar as condições sanitárias dos animais produzidos. Nesse contexto, a histologia é uma ferramenta de frente na averiguação sanitária, sendo útil nos mais diversos segmentos da ciência, como nas análises ambientais (FRICKE *et al.*, 2012; BOJKO *et al.*, 2013) e também na avaliação das criações experimentais e comerciais (BINESH *et al.*, 2013; RODGER *et al.*, 2014; ARAÚJO *et al.*, 2014).

Neste capítulo, investigamos, por meio da histologia, a presença de lesões nos tecidos de beijupirás oriundos da pesca artesanal e de duas unidades de criação.

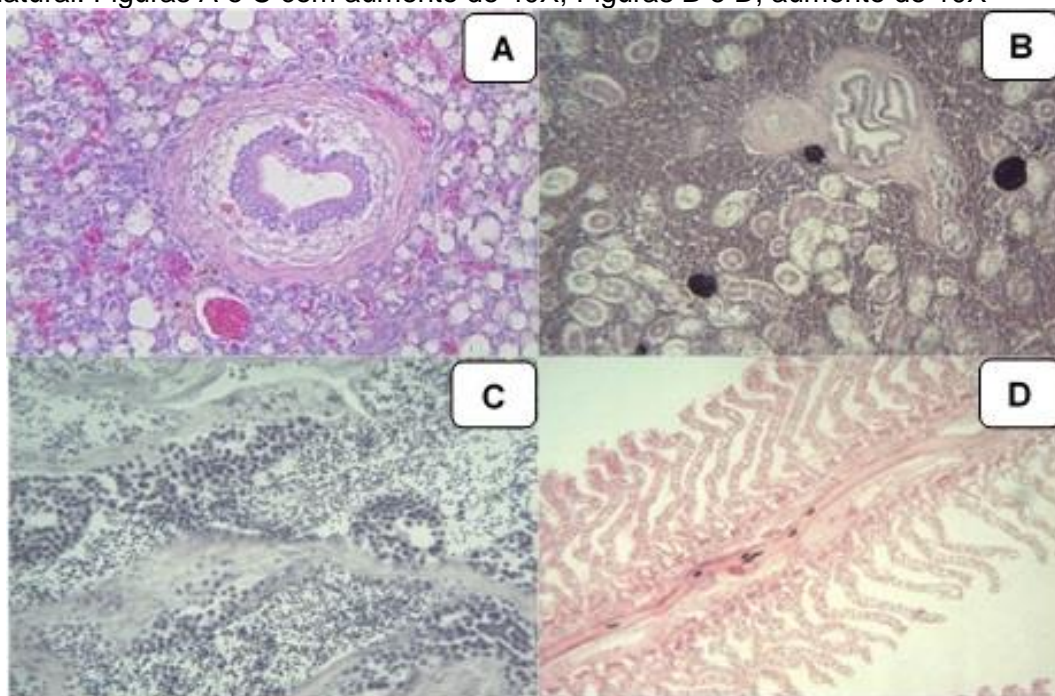
LESÕES HISTOLÓGICAS EM BEIJUPIRÁ DE AMBIENTE NATURAL

Como parâmetro comparativo da sanidade de animais de criação, foram coletados tecidos de exemplares selvagens capturados no litoral dos estados do Piauí e Maranhão. Os animais ficaram armazenados no gelo por períodos variáveis, dependendo do tempo decorrido entre a captura e a chegada ao porto, onde as amostras foram coletadas. Todas as amostras foram fixadas em solução de Davidson por 24 horas, sendo transferidas posteriormente para etanol 70%. Após esse procedimento, foram processadas histologicamente e analisadas em microscópio óptico.

Os animais mostraram poucos desvios da estrutura normal de seus órgãos (Figura 7.1). No entanto, algumas características chamaram a atenção. Os rins apresentaram quantidades elevadas de centros melanomacrofágicos, apresentados de duas formas principais: (1) centros densos e grandes nas proximidades de vasos sanguíneos; e (2) centros menores e difusos no parênquima renal (Figura 7.2). Esses centros melanomacrófagos estão associados a quadros de infecção por nematódeos, como relatado por Rodrigues (2010) em pescada (*Cynoscion* spp).

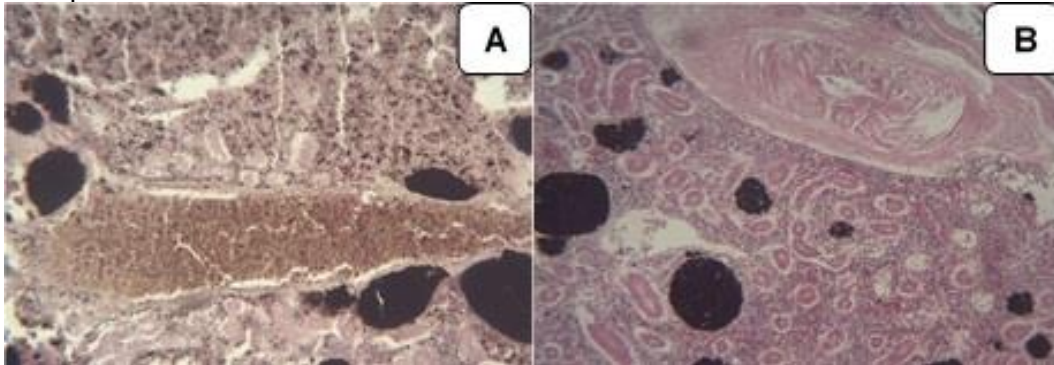
As brânquias apresentaram-se aparentemente normais (Figura 7.1D). Foi possível constatar a ausência de alterações sugestivas de patologias severas nesses órgãos, proporcionando, portanto, informações suficientes para servir como material de referência. No entanto, sugere-se que, em estudos futuros com animais selvagens, sejam direcionados esforços para a coleta e fixação de tecidos imediatamente após a captura, a fim de assegurar a utilização de tecidos com estrutura intacta.

Figura 7.1 – Fotomicrografias do fígado (A), do rim (B), da gônada (C) e das brânquias (D) do beijupirá (*Rachycentron canadum*) proveniente de ambiente natural. Figuras A e C com aumento de 40X; Figuras B e D, aumento de 10X



Fonte:Roberta Almeida

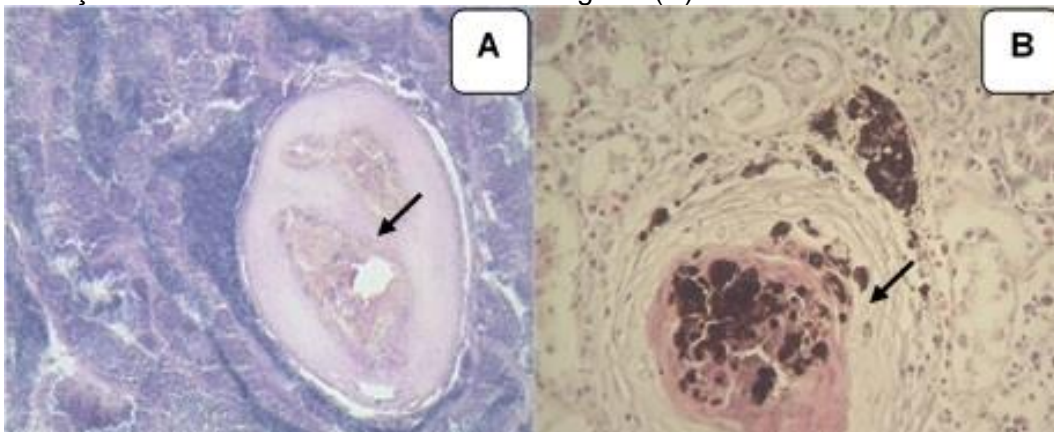
Figura 7.2 – Fotomicrografias de rins do beijupirá (*Rachycentron canadum*) proveniente de ambiente natural: (A) Centros de melanomacrófagos grandes próximos a um vaso (setas); (B) centros de melanomacrófagos difusos no parênquima renal. Aumento de 40X



Fonte: Roberta Almeida

Nos exemplares selvagens também foram observados granulomas nas gônadas e fígados (Figura 7.3). Os granulomas são centros necróticos com espessa fibroplasia, formando uma cápsula com macrófagos e linfócitos infiltrados (CAMPOS *et al.*, 2008). Em fígados de surubins (*Pseudoplatystoma fasciatum*) observaram-se presença de granulomas, congestão, centros de melanomacrófagos e infiltrado mononuclear discreto próximo ao sistema porta. Esses resultados mostram a possibilidade da observação de sinais indicativos de doença, mesmo em ambiente natural, como relatado aqui para o beijupirá.

Figura 7.3 – Fotomicrografias de gônada e fígado do beijupirá (*Rachycentron canadum*) proveniente de ambiente natural: As setas indicam granuloma no tecido gonadal (A); e granuloma com fibrose espessa em seu entorno associada à presença massiva de centros melanomacrófágicos (B). Aumento de 40X



Fonte: Roberta Almeida

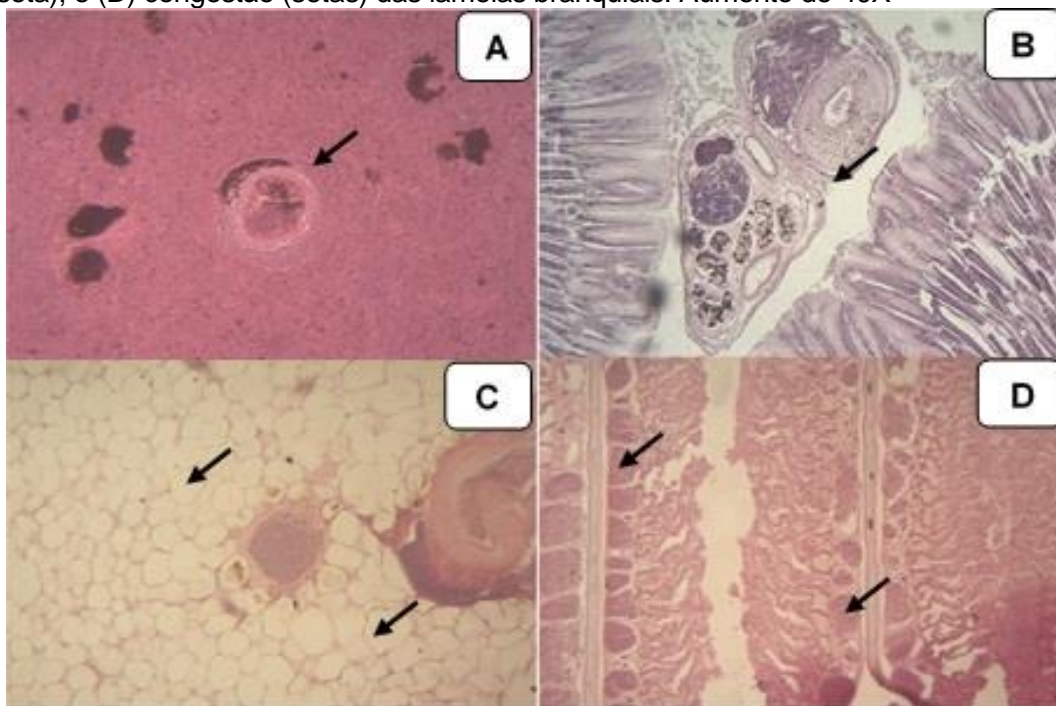
LESÕES HISTOLÓGICAS EM BEIJUPIRÁS DE CRIAÇÕES COMERCIAIS

Os animais foram coletados em um laboratório comercial de produção de alevinos em Pernambuco e em gaiolas instaladas próximo à costa (criação *nearshore*) em São Paulo. Os animais foram abatidos por choque térmico e acondicionados em gelo por, no máximo, 48 h. A fixação e o processamento das amostras foram os mesmos aplicados para os animais selvagens.

Lesões histológicas em beijupirás criados em gaiolas

Os peixes provenientes das gaiolas próximas à costa apresentaram granulomas no tecido renal, sendo observada a presença de platelminto no intestino, fígado com diferentes níveis de vacuolização dos hepatócitos e congestão das lamelas branquiais (Figura 7.4).

Figura 7.4 – Fotomicrografias de tecidos de beijupirá (*Rachycentron canadum*) criados em gaiolas: **(A)** granuloma (seta) no tecido renal; **(B)** presença de platelminto (seta) no intestino; **(C)** fígado com diferentes níveis de vacuolização dos hepatócitos (seta); e **(D)** congestão (setas) das lamelas branquiais. Aumento de 40X



Fonte: Roberta Almeida

Cantanhêde *et al.* (2014) observaram lesões branquiais semelhantes às aqui reportadas para exemplares selvagens do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*). Esses autores relataram valores de pH e coliformes termotolerantes acima do estabelecido pelo Conama, embora não tenham correlacionado essas variáveis com a presença das lesões branquiais. Nogueira *et al.* (2011) encontraram os mesmos sinais em brânquias de mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*), os quais os autores associaram à contaminação por xenobióticos do corpo hídrico de origem. Clemente (2009) encontrou lesões branquiais e hepáticas no cará (*Geophagus brasiliensis*), as quais poderiam ser consequência de florações de algas cianofíceas. Santos (2010) observou lesões semelhantes às aqui apresentadas em tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e tambacus (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) de pisciculturas no Maranhão, associando-as possivelmente à qualidade da água e ao sistema de criação. Os espécimes criados em viveiros escavados apresentavam maior frequência de lesões de maior gravidade, como telangiectasia em nível branquial e presença de bilirrubina no fígado. Para esse parâmetro, o tambacu se mostrou mais sensível, indicando colestase. Esse autor observou ainda que os rins dos peixes criados em viveiros de terra também apresentaram hialinização superior à daqueles criados em gaiolas.

Coutinho e Gokhale (2000) mostraram alterações severas em estruturas branquiais da carpa comum (*Cyprinus carpio*) e da tilápia-de-Moçambique (*Oreochromis mossambicus*) expostas a efluentes de tratamentos de esgoto, o que reforça a dependência da qualidade de água para o adequado desempenho e sanidade

dos organismos. Embora este estudo não tenha dados zootécnicos dos espécimes avaliados, seria de grande valia o confronto desses dados com os resultados aqui obtidos.

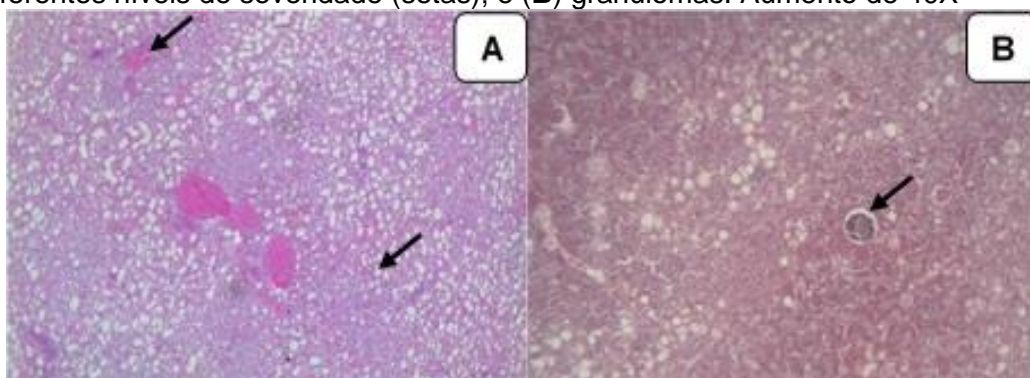
Kaptaner *et al.* (2014), analisando fígados do ciprinídeo *Chalcalburnus tarichi*, verificaram alterações histopatológicas relacionadas a poluição ambiental no Lago Van, na Turquia, e endossam a grande utilidade da histopatologia, sobretudo do fígado de peixes, como potente biomarcador na avaliação de ambientes naturais. No entanto, o que se observa aqui é o agravamento de lesões histológicas nos organismos provenientes das criações em detrimento daqueles do ambiente natural, sugerindo, entre outras hipóteses, que a qualidade ambiental nas criações estaria aquém da necessária ao bom desenvolvimento do beijupirá.

Lerebours *et al.* (2013) observaram a formação de adenomas e carcinomas em fígados de *Limanda limanda*, no Mar do Norte, como sinal de poluição antrópica desse ecossistema. Nesse raciocínio, poder-se-ia dizer que as lesões encontradas no beijupirá poderiam refletir uma condição de depreciação da qualidade ambiental.

Lesões histológicas em beijupirás criados em laboratório comercial

Os órgãos em que mais frequentemente foram observados desvios da normalidade histológica nos indivíduos provenientes do laboratório foram o fígado e as brânquias. Os principais sinais clínicos observados nos fígados foram necrose dos hepatócitos e presença de granulomas (Figura 7.5).

Figura 7.5 – Fotomicrografias de fígado do beijupirá (*Rachycentron canadum*) proveniente de laboratório de reprodução: (A) necrose dos hepatócitos em diferentes níveis de severidade (setas); e (B) granulomas. Aumento de 40X



Fonte: Roberta Almeida

Liu *et al.* (2011) encontraram muitos granulomas no fígado, rim posterior e músculo de *Macropodus opercularis* infectados pela bactéria *Photobacterium damsela subsp piscicida*. Isto pode ter causado o enfraquecimento e levado à morte dos peixes. Além disso, áreas multifocais de necrose do túbulo renal passando por coagulação foram observadas no rim posterior dos peixes doentes. É possível que isso resulte em anemia ou queda da imunidade. Araújo *et al.* (2014) mostram a relação negativa entre a utilização de dietas contendo ingredientes vegetais e o surgimento de patologias no fígado e intestino do beijupirá, o que sugere que as dietas ofertadas durante a criação podem ter contribuído para o surgimento de lesões nos indivíduos aqui avaliados.

Santos *et al.* (2004) e Fujimoto *et al.* (2008) encontraram lesões semelhantes às observadas no beijupirá em fígados de tilápia-do-Nilo e de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). No caso das tilápias, os indivíduos foram provenientes da represa Guarapiranga, em São Paulo, enquanto os pacus foram avaliados quanto à exposição ao cromo trivalente. Dentre as lesões mais comuns, figuraram congestão e necrose hepática. Nas tilápias, houve a observação de acúmulo de hemossiderina nas proximidades dos dutos biliares, um indicativo do processo de desintoxicação do organismo.

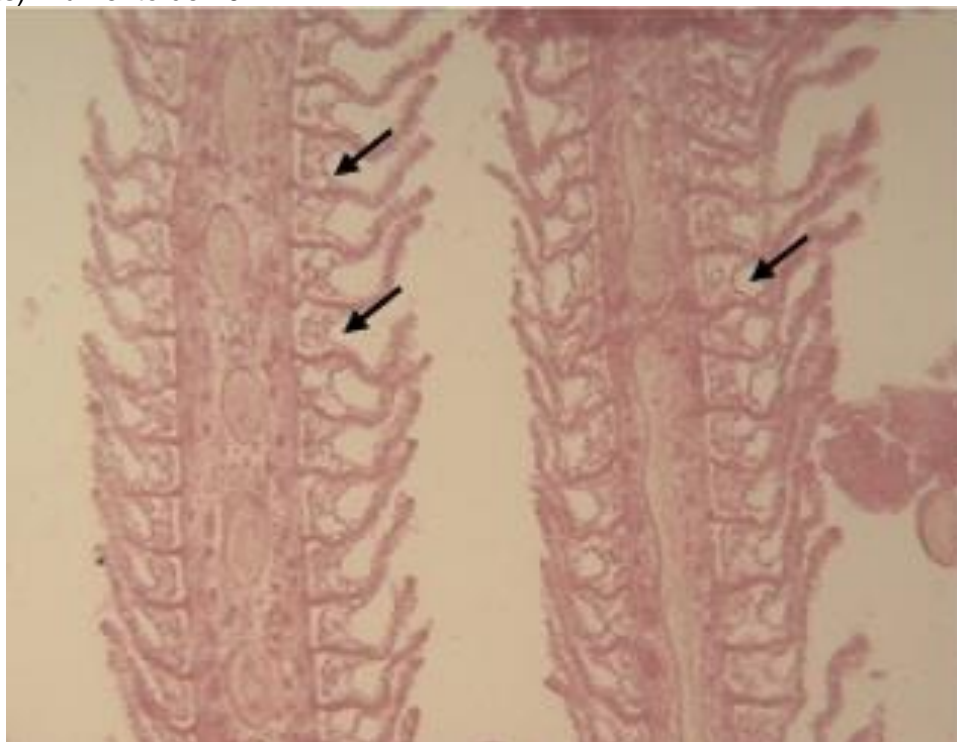
Nos rins, observaram-se muitos centros de melanomacrófagos, comumente associados à delimitação de vasos sanguíneos. Os centros melanomacrófagos

estão associados à presença intracelular de bactérias ácidosresistentes, como as micobactérias e os parasitos, como *Myxobolus* spp. (AGIUS; ROBERTS, 2003).

Observou-se também que os túbulos renais se encontravam sem o lúmen, provavelmente por efeito de uma excessiva multiplicação do epitélio tubular, o que sugere problemas de qualidade da água. Essa hipótese é reforçada pela presença simultânea de danos no epitélio branquial dos mesmos indivíduos, tais como levantamento epitelial, hiperemia e fusão lamelar (Figura 7.6).

Cantanhêde *et al.* (2014) observaram fusão lamelar decorrente da hiperplasia das células epiteliais das lamelas e filamentos branquiais de robalo-flecha. Tal alteração prejudica a passagem da água entre as lamelas, o que dificulta a função respiratória do órgão. O levantamento do epitélio lamelar é considerado uma das primeiras alterações que ocorrem quando o animal está sob algum tipo de estresse. É caracterizado pela elevação de uma lâmina contínua do epitélio de revestimento das lamelas para longe do sistema de células pilares, aumentando, assim, a distância entre o meio externo e o sangue, comprometendo a função respiratória do órgão (THOPHON *et al.*, 2003).

Figura 7.6 – Fotomicrografia de brânquia do beijupirá (*Rachycentron canadum*) proveniente de laboratório comercial. Levantamento epitelial e fusão lamelar (setas). Aumento de 40X



Fonte: Roberta Almeida

Uma série de lesões foi observada e, conforme literatura especializada, embora as causas dessas lesões sejam diversas, em sua grande maioria estão relacionadas às condições ambientais, seja nos ambientes naturais, seja na produção comercial. A intensificação no aparecimento de lesões branquiais, renais, e hepáticas, largamente reportadas na literatura científica e associadas à má qualidade ambiental/nutricional nos animais de criação, sugere que as condições de manutenção/criação dos espécimes avaliados estariam aquém das necessidades fisiológicas da espécie, tanto em laboratório quanto nos tanques-rede. Pelo exposto, sugere-se que sejam conduzidos estudos mais detalhados sobre as exigências fisiológicas para assegurar a homeostase do beijupirá como garantia de sucesso de sua criação comercial, bem como o desenvolvimento de programas de domesticação da espécie, o que poderia contribuir com o aumento da tolerância às condições de qualidade de água e ao manejo prevalente em condições de criação comercial.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, T.P. *et al.* Estabelecimento de procedimentos de diagnóstico padrão e principais enfermidades em juvenis do beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). In NUNES, A.J.P. (Ed.), **Ensaio com o beijupirá, *Rachycentron canadum***. Editora 7CN Comunicação Criativa: Fortaleza. 2014. cap. 9.
- AGIUS, C.; ROBERTS, R.J. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology. **Journal of Fish Diseases**, v. 26, p. 499-509, 2003.
- ARAÚJO, P.F.R. *et al.* 2014. Investigação histopatológica do fígado e intestino e hematologia de juvenis do beijupirá, *Rachycentrum canadum*, alimentados com crescentes níveis de inclusão de farelo de soja em dietas práticas. In NUNES, A.J.P. (Ed.), **Ensaio com o beijupirá, *Rachycentron canadum***. Editora 7CN Comunicação Criativa: Fortaleza. 2014. cap. 8.
- BINESH, C.P. *et al.* First report of viral nervous necrosis-induced mass mortality in hatchery-reared larvae of clownfish, *Amphiprion sebae* Bleeker. **Journal of Fish Diseases**, v. 36, p. 1017-1020, 2013.
- BOJKO, J. *et al.* Baseline histopathological survey of a recently invading island population of 'killer shrimp', *Dikerogammarus villosus*. **Disease of Aquatic Organisms**, v. 106, p. 241-253, 2013.
- CAMPOS, C.M.; MORAES, J.R.E.; MORAES, F.R. Histopatologia de fígado, rim e baço de *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* e *Pseudoplatystoma fasciatum* parasitados por myxosporídios, capturados no Rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, p. 200-205, 2008.
- CANTANHÊDE, S.M. *et al.* Uso de biomarcador histopatológico em brânquias de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) na avaliação da qualidade da água do Parque Ecológico Laguna da Jansen, São Luís – MA. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 593-601, 2014.
- CECCARELLI, P.S. *et al.* Observações sobre a ocorrência de parasitos no CEPTA entre 1983 e 1990. **Boletim Técnico do CEPTA**, v. 3, p. 43-54, 1990.
- CLEMENTE, Z. 2009. **Monitoramento do reservatório alagados, Ponta Grossa (PR) através de biomarcadores e análise de cianotoxinas**. 89p. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- COUTINHO, C.; GOKHALE, K.S. Selected oxidative enzymes and histopathological changes in the gills of *Cyprinus carpio* and *Oreochromis mossambicus* cultured in secondary sewage effluent. **Water Research**, v. 34, p. 2997-3004, 2000.
- FRICKE, N.F. *et al.* Liver histopathology in Baltic eelpout (*Zoarces viviparus*) – A baseline study for use in marine environmental monitoring. **Marine Environmental Research**, v. 82, p. 1-14, 2012.
- FUJIMOTO, R.Y.; CRUZ, C.; MORAES, F.R. Análise de efluente e histologia da pele, fígado e rim de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) suplementados com cromo trivalente. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, p. 117-124, 2008.
- GUIDELLI, G.M. *et al.* 2008. Parasitas de beijupirá, *Rachycentron canadum* (Perciformes, Rachycentridae) do litoral do estado da Bahia. In **X Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos – ABRAPOA**. Búzios, RJ. 2008.
- KAPTANER, B. *et al.* Histopathology and oxidative stress in the liver of *Chalcalburnus tarichi* living in lake Van, Turkey. **Life Science Journal**, v. 11, p. 66-77, 2014.
- KLESZIUS, P.; ROGERS, W. Parasitisms of catfish and other farm-raised food fish. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 207, p. 1473-1478, 1995.
- LEREBOURS, A. *et al.* Advanced diagnostics applied to fish liver tumours: Relating pathology to underlying molecular aetiology. **Marine Pollution Bulletin**, v. 72, p. 94-98, 2013.
- LIU, P.C. *et al.* Highly virulent *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* isolated from Taiwan paradise fish, *Macropodus opercularis* (L.), in Taiwan. **African Journal of Microbiology Research**, v. 5, p. 2107-2113, 2011.
- LUQUE, J.L. Parasitologia de peixes marinhos na América do Sul: estado atual e perspectivas. In RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Eds.), **Sanidade de organismos aquáticos**. Varela: São Paulo. 2004. p. 199-215.
- McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S.R. Parasites, diseases and deformities of cobia. **Ribarstvo**, v. 66, p. 1-16, 2008.
- MARTINS, M.L. Manejo sanitário na piscicultura. In: RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Eds.), **Sanidade de organismos aquáticos**. Varela: São Paulo. 2004. p. 323-332.

- NOGUEIRA, D.J. *et al.* Utilização das brânquias de *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) (Siluriformes; Pimelodidae) como biomarcador de poluição no reservatório da UHE Marechal Mascarenhas de Moraes, Minas Gerais, Brasil. **Biotemas**, v. 24, p. 51-58, 2011.
- RODGER, H.D.; McCLEARY, S.J.; RUANE, N.M. Clinical cardiomyopathy syndrome in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Journal of Fish Diseases**, v. 37, p. 935-939, 2014.
- RODRIGUES, M.V. **Presença do parasita anisquídeo em pescada (*Cynoscion* spp.) como ponto crítico de controle na cadeia produtiva do pescado comercializado na Baixada Santista**. 72p. 2010. Dissertação (Mestrado) – Instituto Biológico, São Paulo, SP.
- SANTOS, D.M.S. **Qualidade da água e histopatologia de órgãos de peixes provenientes de criatórios do município de Itapeturu Mirim, Maranhão**. 83p. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.
- SANTOS, A.A. *et al.* Análise histopatológica de fígado de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, criada em tanque-rede na represa de Guarapiranga, São Paulo, SP, Brasil. **Boletim do Instituto da Pesca**, v. 30, p. 141-145, 2004.
- SANTOS, M.L. *et al.* **Programa de biossegurança para fazendas de camarão marinho** (1ª ed). Recife: ABCC. 2005. 61pp.
- SADLER, J.; GOODWIN, A. 2007. Disease prevention on fish farms. **Southern Regional Aquaculture Center**. Publication N°. 4703.
- THOPHON, S. *et al.* Histological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. **Environmental Pollution**, v. 121, p. 307-320, 2003.
- VALENTI, W.C. *et al.* **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/CNPq. 2000. 309pp.

CAPÍTULO 8

DOENÇAS BACTERIANAS QUE ACOMETEM O BEIJUPIRÁ

Emiko Shinozaki Mendes
Dulcilene Lacerda do Nascimento
Carolina Notaro de Barros

Um importante fator limitante no desenvolvimento de sistemas de aquicultura são as doenças que acometem os animais aquáticos, sendo as bactérias, dentre os vários patógenos, o grupo de agente etiológico economicamente mais significativo (FRERICHS; MILLAR, 1993). Como estes micro-organismos ocorrem naturalmente no ambiente aquático, não é possível evitar sua propagação, e os peixes tornam-se susceptíveis a infecções bacterianas (ROBERTS *et al.*, 2009). No caso do beijupirá (*Rachycentron canadum*), a expansão da criação intensiva em tanques-rede está sendo restringida por doenças de peixes de águas tropicais (McLEAN *et al.*, 2008).

As bactérias do gênero *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Edwardsiella*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* e *Vibrio* são comumente encontradas na água de criação de peixes (ROBERTS *et al.*, 2009). Estes micro-organismos podem estar presentes em órgãos internos como rim, fígado, intestino, coração, cérebro e baço, principalmente em infecções crônicas (PAVANELLI *et al.*, 2002; AUSTIN; AUSTIN, 2007). Figueiredo e Leal (2008) relataram que as bactérias *Aeromonas* móveis, *Flavobacterium columnare* e *Streptococcus agalactiae* destacam-se entre as potencialmente patogênicas aos peixes.

O ambiente marinho é o habitat de micro-organismos, e alguns são patogênicos a animais e ao humano. Alguns desses agentes são considerados oportunistas, provocando infecções secundárias em peixes debilitados pelo estresse ou por outra enfermidade primária, tendo em vista que uma ampla microbiota bacteriana está presente na água das criações, no muco da superfície corporal, brânquias e no trato digestivo desses animais, sendo seus reservatórios naturais (BARJA; ESTEVES, 1988; JOHNSON *et al.*, 2006).

Os principais sinais internos de bacterioses são anemia, septicemia, hipertrofia do baço, vísceras hemorrágicas e rupturas de vasos internos. Os primeiros sinais externos são falta de apetite, escurecimento da pele, natação errática, letargia, curvatura do corpo, exoftalmia, opacidade da córnea, hemorragia no opérculo e na base das nadadeiras, ulceração da epiderme e morte (AUSTIN; AUSTIN, 2007).

As doenças provocadas por agentes infecciosos podem resultar em alta mortalidade, causando prejuízos que tornam a atividade onerosa e pouco lucrativa (TAVECHIO *et al.*, 2009). No intuito de minimizar perdas por doenças bacterianas, é comum a antibioticoterapia, porém o uso inadequado pode desenvolver patógenos resistentes e gerar implicações negativas tanto para os animais a serem criados como para a saúde humana. Isso pode ocorrer devido à contaminação alimentar, além da contaminação ambiental, que constituem problemas emergentes e que demandam soluções urgentes, eficazes e ambientalmente seguras (HAMEED *et al.*, 2003).

O beijupirá mantido em cativeiro torna-se vulnerável a doenças causadas por bactérias, parasitos e vírus (McLEAN *et al.*, 2008). Nedoluha e Westhoff (1993) afirmaram que peixes criados em tanques estão sujeitos à contaminação bacteriana através do contato com o meio ambiente, animais domésticos, pássaros, o próprio alimento e até mesmo com o homem. Pavanelli *et al.* (2002) citaram que a intensificação na piscicultura tem importância econômica, pois resulta em crescimento produtivo, mas as altas densidades de estocagem favorecem a proliferação microbiana e facilitam

a sua disseminação, podendo chegar a causar doença caso ocorram alterações nas condições ambientais ou no sistema imune do hospedeiro. Além disso, a água é um ambiente favorável para a rápida proliferação de patógenos e os peixes podem ser hospedeiros de agentes infecciosos sem apresentar sintomatologia clínica.

Lin *et al.* (2006) relataram que as bactérias são patógenos de grande importância na criação do beijupirá e que as doenças bacterianas são consideradas uma das limitações para sua produção. Por causa disso, deve-se estar atento a todos os aspectos sanitários da cadeia produtiva, uma vez que existem limitações de estrutura para o diagnóstico das principais enfermidades infecciosas, o que tem sido entrave para o aumento da produção e da produtividade na aquicultura.

DOENÇAS BACTERIANAS EM PEIXES

Flavobacterium

O gênero *Flavobacterium* é composto por micro-organismos gram-negativos, móveis, que não hidrolisam celulose e que formam colônias filamentosas de pigmento amarelado, e algumas espécies são patogênicas para peixes (BULLER, 2004). A espécie *F. columnare* é o agente etiológico da columnariose, que é caracterizada por erosões na pele, nas nadadeiras e nas brânquias, podendo acometer os tecidos adjacentes com a evolução do quadro, resultando em necrose muscular e destruição das nadadeiras (DECOSTÈRE *et al.*, 1999; FIGUEIREDO; LEAL, 2008). Os peixes acometidos pela columnariose geralmente possuem lesões nas nadadeiras com aspecto de apodrecimento e áreas necróticas amareladas nas brânquias que podem destruir o epitélio branquial e causar a morte do peixe por asfixia (PAVANELLI *et al.*, 2002; ROBERTS *et al.*, 2009).

Fatores predisponentes, tais como manipulação grosseira, transporte prolongado, elevada densidade de estocagem, baixa qualidade de água e lesões mecânicas, aumentam a susceptibilidade dos animais a essa bactéria, favorecendo o aparecimento de surtos de columnariose (SUOMALAINEN *et al.*, 2005; KUNTTU *et al.*, 2009). Uma etapa fundamental na patogênese dessa doença é a aderência do agente às superfícies corpóreas, e, sendo assim, a virulência está diretamente relacionada à capacidade de a bactéria aderir à superfície corporal (pele, brânquias e nadadeiras) do peixe (DECOSTÈRE *et al.*, 1999). Ferimentos ou lesões corporais causados aos peixes por parasitos ou durante sua manipulação (pesagem, despesca, transporte) favorecem a instalação desse micro-organismo (PAVANELLI *et al.*, 2002). Pilarski *et al.* (2008) isolaram *F. columnare* de rim de peixes tropicais que apresentavam pele ulcerada e descoloração de nadadeiras, que são sintomas clínicos dessa enfermidade.

Pseudomonas

A bactéria *Pseudomonas aeruginosa* se apresenta em forma de bastonetes isolados, em pares ou em cadeias curtas, medindo de 0,5 a 0,8 µm de largura e 1,5 a 3,0 µm de comprimento. É gram-negativa, aeróbia, não esporulada, não fermentadora de glicose e móvel. É uma bactéria ubíqua, tendo capacidade de sobreviver em diferentes ambientes (POLLAK, 2000) e encontrada na microbiota normal da superfície de plantas, na pele do homem e de animais (MAIA *et al.*, 2009). Esses micro-organismos apresentam resistência às mais adversas condições físicas, podendo se multiplicar sob refrigeração e em diferentes concentrações de sais, o que facilita a sua presença em uma ampla variedade de ambientes (PIRNAY *et al.*, 2005).

Pseudomonas são patógenos oportunistas, secundários ou associados às condições inadequadas de criação, podendo ser isolados de lesões externas ou de processos septicêmicos de peixes. Por se tratar de patógeno oportunista, causa infecções em hospedeiros imunodeprimidos (MAIA *et al.*, 2009).

As infecções causadas por esse agente etiológico podem acometer o trato urinário e o sistema respiratório e causar dermatites, diarreia e septicemia (ALGUN *et al.*,

2004). *P. aeruginosa* é considerado um importante patógeno humano, estando frequentemente associado a infecções hospitalares, acometendo principalmente pacientes imunossuprimidos (LYCZAC *et al.*, 2000).

Streptococcus

As bactérias do gênero *Streptococcus* causam infecções impactantes para diversos segmentos da produção animal e têm se destacado como patógeno emergente na piscicultura durante as últimas décadas, acometendo peixes marinhos e de água doce (FIGUEIREDO; LEAL, 2008). São bactérias gram-positivas, esféricas ou ovoides, que se apresentam aos pares ou em cadeias. São catalase negativa, imóveis, não esporuladas e anaeróbios facultativos (HARDIE; WHILEY, 1997).

Os estreptococos patogênicos possuem várias características que contribuem para sua virulência, tais como aderência às superfícies epiteliais e invasão celular do epitélio e endotélio, provocando injúria direta a tecidos (NIZET; RUBENS, 2000). A patogenidade dessas bactérias está associada às condições de estresse, manejo inadequado, alterações de temperatura e alterações dos parâmetros físicos e químicos da água (FERREIRA, 2002).

Streptococcus agalactiae e *Streptococcus iniae* têm sido citados como os principais agentes etiológicos causadores de infecções nervosas em peixes, ocasionando enormes prejuízos, principalmente para a tilapicultura (EVANS *et al.*, 2002; AGNEW; BARNES, 2007). Considerado um patógeno emergente na piscicultura, o *S. agalactiae* foi descrito como responsável por infecções em mais de 20 espécies de peixes (OLIVARES-FUSTER *et al.*, 2008). As infecções causadas por essa bactéria caracterizam-se por quadros de septicemia e meningoencefalite (AGNEW; BARNES, 2007), e seu primeiro relato em peixes no Brasil ocorreu em 2006 (FIGUEIREDO *et al.*, 2006). Esse micro-organismo também é considerado um importante patógeno para os humanos, estando associado a casos de meningoencefalites em recém-nascidos (MAIONE *et al.*, 2005). A doença causada pelo *S. iniae* pode se apresentar na forma de abscessos multifocais na musculatura dos animais (*golf ball disease*), natação errática e em rodopios, exoftalmia uni ou bilateral, perda de escamas, anorexia, escurecimento do tegumento, excitabilidade e morte. Inicialmente pode gerar uma alta mortalidade do plantel e, com o passar do tempo, se tornar endêmica, podendo persistir por sucessivos ciclos de produção. Além de acometer várias espécies de peixes, tem sido descrita como zoonótica para humanos (AGNEW; BARNES, 2007).

Aeromonas

Os membros do gênero *Aeromonas*, antigamente pertencentes à família Vibrionaceae e atualmente à família Aeromonadaceae (KONENAM, 2001), são bastonetes gram-negativos, anaeróbios facultativos, oxidase positivos e que estão amplamente distribuídos em ambientes aquáticos e, conseqüentemente, presentes na superfície e nas brânquias de peixes (KOZINSKA, 2007). São considerados patógenos oportunistas que causam surtos epizooticos repentinos, resultantes de condições ambientais desfavoráveis (SHAMA *et al.*, 2000).

Demarta *et al.* (2008) relataram que, de acordo com o Manual Bergeys, o gênero *Aeromonas* compreende as seguintes espécies: *A. hydrophila*, *A. bestiarum*, *A. salmonicida*, *A. caviae*, *A. media*, *A. eucrenophila*, *A. sobria*, *A. veronii* (biovar *sobria* e *veronii*), *A. jandaei*, *A. schubertii*, *A. trota*, *A. allosaccharophila*, *A. encheleia*, *A. popoffii*, *A. simiae*, *A. molluscorum*, *A. bivalvium*, *A. aquariorum* e dois grupos de DNA homólogos de *Aeromonas* spp.

O gênero *Aeromonas* foi classificado pela Organização Mundial de Saúde Animal (OIE, 2003) como patógeno veiculado pela água e por alimentos contaminados, tendo em vista que algumas espécies desse micro-organismo foram citadas como possíveis agentes etiológicos de doenças em humanos. Essas bactérias foram isoladas na água (COELHO *et al.*, 2010) e em vários alimentos, como leite (KORASHY, 2006),

queijo (LUNA, 2012), pescado (VIVEKANADHAN *et al.*, 2002; RADU *et al.*, 2003) e carcaça bovina (MARTINELLI *et al.*, 2010). Hofer *et al.* (2006) descreveram um surto de diarreia ocorrido em São Bento do Una, PE, no qual foram isoladas várias espécies do gênero, entre elas *A. caviae*, *A. veronii* biovar *sobria* e *A. veronii* biovar *veronii*.

Diversas espécies de aeromonas estão associadas a enfermidades de peixes, dentre elas *A. hydrophila*, *A. veronii* spp. *sobria*, *A. allosaccharophila* e *A. salmonicida*. As duas primeiras são as mais comumente relatadas em infecções intestinais em seres humanos (JACOBS; CHENIA, 2007). Bactérias desse gênero possuem capacidade de adesão às células teciduais, provocando diversos graus de injúria nos tecidos, e a severidade da doença depende diretamente dos tipos de fator de virulência envolvidos e do estado imunológico do paciente (SEN; RODGERS, 2004).

Aeromonas hydrophila, *A. caviae* e *A. sobria* podem causar enterites em humanos saudáveis ou septicemia em pessoas imunodeprimidas. Essas infecções podem ser adquiridas através de feridas abertas ou pela ingestão de alimento ou água contaminada. *A. hydrophila* também pode provocar doenças em peixes e anfíbios (FORSYTHE, 2002).

As aeromonas sintetizam diversos produtos extracelulares biologicamente ativos, característica que contribui para a patogênese da doença provocada por essas bactérias. São eles: hemolisina, enterotoxinas, endotoxinas, citotoxinas, elastases, proteases, fosfolipases, DNAses, leucocidinas, adesinas e colinesterase (TRABULSI; ALTERTHUM, 2005). Holliman (1993) afirmou que as aeromonas móveis são onipresentes no ambiente aquático, sendo habitantes normais do intestino de peixes. São espécies móveis: *A. caviae*, *A. hydrophila*, *A. veronii*, *A. jandaei*, *A. sobria*, *A. trota* e *A. schubertii* (PENDERS; STOBBERINGH, 2008).

A “septicemia por aeromonas móveis” é uma enfermidade causada pela infecção em conjunto de *A. caviae*, *A. sobria*, *A. hydrophila*, *A. bestiarum* e *A. veronii*. Essas espécies são as principais causadoras de doenças em peixes, e o animal pode apresentar lesões na pele, como áreas hemorrágicas, necrose ou úlceras ou quadro de septicemia caracterizado por exoftalmia, petéquias hemorrágicas nas vísceras e abdômen distendido contendo líquido serossanguinolento (PAVANELLI *et al.*, 2002).

Lowry e Smith (2006) relataram a presença de vários patógenos, incluindo *A. hydrophila*, *Citrobacter* spp. e *Mycobacterium marinum*, em juvenis de beijupirá exibindo natação errática. Observaram também emagrecimento, letargia, lesões ulcerativas dérmicas, exoftalmia, granulomas por todo o baço, fígado, rim anterior e posterior, coração, pâncreas e tecido mesentérico em um número limitado de exemplares. Esses autores concluíram que a principal causa das anomalias observadas, como natação errática, foi por conta da *M. marinum* e seu enquistamento no cérebro.

Em beijupirás criados em mar aberto (sistema *offshore*) em Pernambuco, as aeromonas foram isoladas do rim, cérebro e fígado de 52 animais de um total de 74 examinados por Nascimento (2012). As espécies identificadas, bem como a frequência de isolamento, são apresentadas na Tabela 8.1. Essa autora não encontrou diferenças significativas quanto ao período de criação (estiagem/chuvoso) em relação ao isolamento dos micro-organismos, sendo detectado em 66,67% (26) e 71,43% (25) dos peixes nos respectivos períodos, principalmente no fígado e nos rins.

Tabela 8.1 – Frequência de ocorrência total e proporcional (%) de aeromonas isoladas de exemplares de beijupirá (*Rachycentron canadum*) criados em mar aberto em Pernambuco.

	Frequência	Proporção
<i>A. salmonicida</i> spp. <i>achromogenes</i>	1	1,3
<i>A. salmonicida</i> spp. <i>salmonicida</i>	1	1,3
<i>Aeromonas veronii</i> spp. <i>sobria</i>	4	5,3
<i>Aeromonas media</i>	2	2,7
<i>Aeromonas salmonicida</i>	7	9,3
<i>Aeromonas schubertii</i>	20	26,7
<i>Aeromonas sobria</i>	24	32,0
<i>Aeromonas</i> spp	7	9,3
<i>Aeromonas veronii</i> spp. <i>veronii</i>	8	10,7

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Barretto (2012) isolou *A. schubertii* de tilápias aparentemente saudáveis, com uma frequência de 24,6%. Suhet *et al.* (2011) também isolaram *A. schubertii*, *A. veronii*, *A. sobria* e *A. salmonicida* em amostras da superfície corporal e do rim de peixes. *A. veronii* foi uma das mais isoladas nas amostras de rim analisadas, enquanto *A. schubertii* só foi isolada da superfície corporal. Silva *et al.* (2010) isolaram *A. schubertii*, *A. caviae* e *A. veronii* spp. *sobria*, entre outras, de superfície corporal de peixes. Hirsch *et al.* (2006) obtiveram 75 isolados de aeromonas provenientes de água de tanque, água de abastecimento e de tilápias. De 24 exemplares analisados, foram isoladas 8 aeromonas da superfície corpórea das tilápias, sendo 3 *A. trota*, 3 de *A. jandaei* e 2 de *A. sobria*, sem isolamento nas amostras do parênquima renal.

Ao analisar tilápias que não apresentavam sinais visíveis de doença, Ribeiro (2011) encontrou aeromonas em 100% dos animais. *A. caviae*, *A. veronii* spp. *sobria*, *A. hydrophila*, *A. media*, *A. jandaei*, *A. trota*, *A. sobria*, *A. eucrenophila* e *Aeromonas* spp. foram isoladas do pool de vísceras de tilápia, e a espécie mais isolada por esse autor foi *A. veronii* spp. *sobria*, diferente do estudo com beijupirá realizado por Nascimento *et al.* (2014), em que a maior frequência foi de *A. sobria*.

Vibrio

O gênero *Vibrio* é caracterizado por bacilos gram-negativos, pleomórficos, anaeróbios facultativos, catalase e oxidase positivos e extremamente sensíveis à temperatura de cocção (GERMANO; GERMANO, 2008). Os víbrios são bactérias onipresentes em ambientes marinhos (IGBINOSA; OKOH, 2008), considerados patógenos oportunistas, com diversas espécies patogênicas aos animais (DIGGLES *et al.*, 2000) e aos humanos. Podem também ser encontrados em ambientes de água doce (SHEHANE; SIZEMORE, 2002), sendo o ambiente aquático costeiro e estuarino habitats naturais dessa espécie (HERVIO-HEATH *et al.*, 2002) e frequentemente isolados de peixes e crustáceos.

Duas formas de vibriose em peixes foram citadas por Shaperclaus (1992): a aguda, caracterizada por infecção generalizada, e a crônica, com infecções localizadas, principalmente na pele, na musculatura e no intestino. McLean *et al.* (2008) afirmaram que o beijupirá pode se infectar com bactérias do gênero *Vibrio* em todas as fases de produção. Os principais sinais clínicos são presença de líquido no peritônio e alterações no fígado, rim e baço.

Beijupirás de todas as fases do ciclo de produção podem sucumbir a vibrioses. Os sinais clínicos variam como indícios externos através de um escurecimento de pele, exoftalmia, letargia, hemorragia nas nadadeiras, inapetência, abdômen inchado, brânquias de cor pálida, erosão e hemorragia nas nadadeiras e lesão de pele. Internamente, a ascite

pode estar presente na cavidade peritoneal, fígado e rim de aspecto pálido, enquanto o baço pode ter tubérculos brancos presentes (McLEAN *et al.*, 2008).

Várias espécies de *Vibrio* têm sido isoladas de beijupirás doentes mantidos em cativeiro, incluindo *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus* (LOPEZ *et al.*, 2002; LIU *et al.*, 2004). O primeiro surto de vibriose relatado em beijupirá ocorreu em 2000, tendo causado a perda de 45% dos peixes (RAJAN *et al.*, 2001).

As amostras de tilápias analisadas por Ribeiro (2011) não apresentaram *Vibrio*, enquanto a *Aeromonas* foi encontrada em 100% dos animais, apesar de os peixes não apresentarem sinais visíveis de doença.

Dos 74 beijupirás analisados por Nascimento (2012), procedentes de uma criação em mar aberto (*offshore*) em Recife, PE, 20 animais demonstraram presença de *Vibrio*, tendo sido obtidos 30 isolados provenientes do encéfalo, rim e fígado. As espécies de *Vibrio* isoladas e a frequência de isolamento são apresentadas na Tabela 8.2. Os víbrios foram isolados principalmente do fígado e do rim, tanto no período de estiagem (novembro e dezembro de 2010) como no chuvoso (junho e julho de 2011).

Tabela 8.2 – Frequência de ocorrência total e proporcional (%) de *Vibrio* isolados de exemplares de beijupirá (*Rachycentron canadum*) criados em mar aberto em Pernambuco.

Espécies	Frequência	Proporção
<i>Vibrio alginolyticus</i>	1	3,3
<i>Vibrio cincinnatiensis</i>	1	3,3
<i>Vibrio fischeri</i> 25918	4	13,3
<i>Vibrio ichthyenteri</i>	7	23,3
<i>Vibrio mediterranei</i>	8	26,7
<i>Vibrio natriegens</i>	2	6,7
<i>Vibrio natriegens</i> NCMB 1900	4	13,3
<i>Vibrio</i> spp	3	10

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Em estudo realizado em Taiwan com beijupirás criados em tanques-rede e que apresentavam síndrome de gastroenterite, 10 cepas bacterianas foram isoladas do rim e do fluido intestinal amarelo (LIU *et al.*, 2004). Com base nas características bioquímicas e comparações com três cepas de referência, as cepas foram caracterizadas e identificadas como *Vibrio harveyi* (*V. carchariae*). Esse estudo foi o primeiro a demonstrar que *V. harveyi* (*V. carchariae*) é o agente causador de gastroenterite em beijupirá.

Barros *et al.* (2012a) isolaram víbrios do intestino do beijupirá e identificaram *V. fischeri*, *V. mimicus*, *V. scophthami*, *V. salmonicida* e *V. ordalii*, sendo a maior frequência de *V. fischeri*. Os autores ressaltaram que, entre as espécies patogênicas encontradas, *V. mimicus* e *V. salmonicida* estão entre os víbrios mais isolados de peixes doentes, e *V. ordalii* é conhecido como responsável por causar vibriose em beijupirá.

Photobacterium

Surtos de vibriose, micobacteriose, furunculose e estreptococoses são comumente encontrados em criações do beijupirá (LIAO *et al.*, 2004). Uma doença bacteriana causada por *Photobacterium* sp. é considerada um grave problema em todo o ciclo de produção do beijupirá (LOPEZ *et al.*, 2002; LIU *et al.*, 2003).

Os sinais clínicos de fotobacterioses, também denominado pseudotuberculoses ou pasteurelose de peixe, incluem ulceração da pele e um acúmulo de tecido granulomatoso esbranquiçado sobre o fígado, rim e baço. *Photobacteriosis* em beijupirás criados em tanques-rede têm provocado até 80% de mortalidade em alguns locais.

Pesquisas estão sendo desenvolvidas para avaliar a utilidade de vacinas e imunostimulantes na dieta para controlar ou reduzir as perdas devido a surtos de *P. damselae* e *Streptococcus dysgalactiae* (NGUYEN *et al.*, 2018; ETO *et al.*, 2019).

ANTIMICROBIANOS NA AQUICULTURA

No Brasil, o tratamento de doenças bacterianas em peixes tem sido tradicionalmente feito pela administração de antibióticos diretamente na água, no caso de produção de larvas, ou adicionados à ração na fase da engorda (FIGUEIREDO; LEAL, 2008). Muitas vezes, essa aplicação é feita de forma indiscriminada, caracterizando o ambiente aquícola como um importante meio para seleção de espécies bacterianas resistentes (SCHMIDT *et al.*, 2000; SAPKOTA *et al.*, 2008). Uma questão preocupante é a múltipla resistência a antimicrobianos, pois gera dificuldades no tratamento das bacterioses tanto em animais como em seres humanos (ALDERMAN; HASTINGS, 1998; RHODES *et al.*, 2000; SCHMIDT *et al.*, 2001; DONE *et al.*, 2015).

A aplicação de antimicrobianos na prevenção e no tratamento de doenças infecciosas trouxe vantagens para a aquicultura, porém o uso excessivo resultou em uma progressiva resistência antimicrobiana aos fármacos. Outra desvantagem é que os resíduos desses medicamentos em carcaças de peixes vêm sendo considerados uma barreira ao comércio internacional, especialmente para as exportações destinadas aos Estados Unidos e à comunidade europeia (FIGUEIREDO; LEAL, 2008; MONTEIRO *et al.*, 2018). A fiscalização da utilização de antibióticos tem aumentado em consequência da resistência antimicrobiana proveniente de ambientes de produção animal e das possíveis implicações para a saúde pública (LIMA *et al.*, 2006).

As bactérias do gênero *Aeromonas* isoladas de beijupirás por Nascimento (2012) demonstraram sensibilidade a todos os antimicrobianos testados, exceto à ampicilina, a qual algumas estirpes foram resistentes (Tabela 8.3). Todas as espécies de *Vibrio* foram sensíveis a enrofloxacina e tetraciclina. O *Vibrio* spp. demonstrou resistência ao cloranfenicol, florfenicol, gentamicina e ampicilina, o que caracteriza múltipla resistência antimicrobiana. Nenhuma das espécies de aeromonas apresentou múltipla resistência antimicrobiana.

Meirelles (2010) verificou resistência de 100% dos isolados de aeromonas à ampicilina. Jacobs e Chenia (2007) citaram que as aeromonas são produtoras naturais de beta-lactâmicos ou induzem a atividade dessa enzima, o que explica o alto índice de resistência antimicrobiana a esse fármaco. Barretto (2012) também destacou a resistência de aeromonas aos beta-lactâmicos. Dos 75 isolados de aeromonas obtidos por Hirsch *et al.* (2006), 32 (42,7%) demonstraram múltipla resistência antimicrobiana aos fármacos testados, embora essas substâncias não sejam usadas na piscicultura. Suhet *et al.* (2011) relataram que muitos isolados de *A. sobria* foram resistentes à eritromicina, e estirpes de *A. veronii* e *A. salmonicida* foram resistentes à tetraciclina e à eritromicina.

Quando as bactérias entram em contato com antibióticos em excesso, podem desenvolver genes codificantes de produtos que as protegem dos antimicrobianos. (SNUSTAD; SIMMONS, 2010). A transferência genética de resistência entre bactérias intestinais e ambientais foi evidenciada pela análise filogenética e ressaltada a aquisição por patógenos oportunistas (GAO *et al.*, 2012). Barros *et al.* (2012a) confrontaram isolados de intestino de beijupirá com seis drogas antimicrobianas e observaram resistência de algumas espécies de víbrios (Tabela 8.4).

Tabela 8.3 – Perfil antimicrobiano (R = resistente; I = intermediário e S = sensível) de aeromonas e vibrios isolados de exemplares de beijupirá (*Rachycentron canadum*) criados em mar aberto em Pernambuco frente à ampicilina.

Espécies	R	I	S	Total
<i>A. salmonicida</i> spp. <i>achromogenes</i>	1	-	-	1
<i>A. salmonicida</i> spp. <i>salmonicida</i>	1	-	-	1
<i>Aeromonas veronii</i> spp. <i>sobria</i>	4	-	-	4
<i>Aeromonas media</i>	2	-	-	2
<i>Aeromonas salmonicida</i>	6	1	-	7
<i>Aeromonas schubertii</i>	17	1	2	20
<i>Aeromonas sobria</i>	23	1	-	24
<i>Aeromonas</i> spp.	5	-	1	6
<i>Aeromonas veronii</i> spp. <i>veronii</i>	8	1	-	9
<i>Vibrio alginolyticus</i>	1	-	-	1
<i>Vibrio cincinnatiensis</i>	1	-	-	1
<i>Vibrio fischeri</i> 25918	-	-	4	4
<i>Vibrio ichthyoenteri</i>	6	-	1	7
<i>Vibrio mediterranei</i>	7	-	1	8
<i>Vibrio natriegens</i>	1	-	1	2
<i>Vibrio natriegens</i> NCMB 1900	4	-	-	4
<i>Vibrio</i> spp.	3	-	-	3

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Barros *et al.* (2012b) isolaram *Vibrio parahaemolyticus* e *Vibrio vulnificus* de intestino de beijupirás de cultivo em sistema *offshore* e observaram isolados resistentes a ampicilina (10 ug), penicilina (1 UI) e gentamicina (10 ug). Silva *et al.* (2013a) isolaram *Vibrio alginolyticus* resistentes a ampicilina (10 ug) e penicilina (10 UI) de rim e fígado de beijupirás criados em sistema de recirculação. Nas análises histológicas do rim, fígado e coração, observaram lesões cardíacas e hepáticas que foram associadas à presença dessa espécie patogênica (SILVA *et al.*, 2013b).

O uso excessivo de drogas antimicrobianas na aquicultura, além de provocar o desenvolvimento de bactérias resistentes, reduzindo a efetividade do tratamento, pode chegar aos peixes selvagens e frutos do mar em torno das áreas aquícolas, contaminar o ambiente e ainda afetar trabalhadores e consumidores do produto (COYNE *et al.*, 1997; FORTT *et al.*, 2007).

Tabela 8.4 – Antibiograma de espécies de vibrios isolados do intestino do beijupirá (*Rachycentron canadum*), onde n = número de isolados, AMP = ampicilina (10 µg), CLO = cloranfenicol (30 µg), ENO = enrofloxacina (5 µg), FLF = florfenicol (30 µg), GEN = gentamicina (30 µg), TET = tetraciclina (30 µg), S = sensível, I = intermediária e R = resistente.

	n	AMP	CLO	ENO	FLF	GEN	TET
<i>V. fischeri</i>	13	8 R	S	3 I	S	S	2 I e 1 R
<i>V. mimicus</i>	6	4 R	1 I	1 R	1 I e 1 R	1 R	1 R
<i>V. scophthami</i>	1	S	S	S	S	S	S
<i>V. salmonicida</i>	2	S	S	S	S	S	S
<i>V. ordalii</i>	1	R	I	I	S	S	I

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

O consumo de pescado contaminado com *Vibrio parahaemolyticus* pode ser causa de surtos de toxinfecção alimentar. *V. vulnificus*, encontrado em produtos marinhos, pode provocar septicemia em humanos, podendo levar a óbito (GERMANO; GERMANO, 2008). *V. alginolyticus* está associado a surtos de doenças em organismos marinhos (BALEBONA *et al.*, 1998).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços tecnológicos que permitiram a rápida expansão da aquicultura nos últimos anos, as doenças que acometem os organismos aquáticos ainda restringem o desenvolvimento da atividade. Na piscicultura, as infecções bacterianas são consideradas uma das principais causas de mortalidade. Os principais patógenos de peixes são as bactérias, e muitas delas podem afetar a integridade do epitélio intestinal (RINGO *et al.*, 2007a, 2007b; SALINAS *et al.*, 2008).

Assim como outras espécies novas na aquicultura, o aumento da produção do beijupirá tem sido acompanhado pela incidência de doenças. Embora não haja disponibilidade de análises detalhadas da maioria das doenças, parasitas e deformidades prevalentes nos beijupirás, a base de informações, que vem se expandindo rapidamente, indica que essa espécie é suscetível à maioria das enfermidades que aflige as demais espécies de peixe de águas tropicais.

Uma das principais características da criação de novas espécies é o aparecimento de doenças já existentes e novas, para as quais o produtor pode não estar devidamente preparado. O beijupirá não é exceção a essa regra, pois, à medida que o tempo passa, a variedade de doenças relatadas tem aumentado expressivamente. Muitas das doenças e dos parasitas comumente encontrados em peixes tropicais mantidos em cativeiro vêm sendo relatados em um número crescente de casos, e a questão da sanidade tornou-se um importante fator restritivo à expansão da criação intensiva dessa espécie.

Mesmo considerando os avanços com vacinas e imunostimulantes, principalmente baseados no uso de probióticos, é imperativo que medidas apropriadas sejam tomadas para desenvolver programas rigorosos de prevenção de doenças. Tais ações devem levar em conta todas as fases do ciclo de produção e incluir o desenvolvimento de reprodutores e gametas livres de doenças (McLEAN *et al.*, 2008).

Inovações no que diz respeito ao rastreio e controle das doenças podem incluir a criação de ferramentas para diagnóstico de doenças específicas não letais, bem como uma maior utilização de tecnologias para melhorar a biossegurança global da produção.

Como destacado por Toranzo *et al.* (2005), estudos sobre as características dos micro-organismos patogênicos, do hospedeiro e dos fatores ambientais que atingem a criação são necessários para se conseguir prevenir e controlar as principais doenças que afetam e limitam a produção de peixes marinhos.

REFERÊNCIAS

- AGNEW, W.; BARNES, A.C. *Streptococcus iniae*: an aquatic pathogen of global veterinary significance and a challenging candidate for reliable vaccination. **Veterinary Microbiology**, v. 122, p. 1-15, 2007.
- ALDERMAN, D.J.; HASTINGS, T.S. 1998. Antibiotic use in aquaculture, p. development of antibiotic resistance – potential for consumer health risks. **International Journal of Food Science Technology**, v. 33, p. 139-155, 1998.
- ALGUN, U.; GUNDUZ, T.; OZBAKKALOGLU, B. The resistance of *Pseudomonas aeruginosa* strains to fluoroquinolone group of antibiotics. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 22, p. 112-114, 2004.
- AUSTIN, B.; AUSTIN, D.B. **Bacterial fish pathogens in farmed and wild fish**. 2nd ed. Ellis Horwood Ltd.: Chichester, England, 2007, 364p.
- BALEBONA, M.C. *et al.* Pathogenicity of *Vibrio alginolyticus* from cultured gilt-head sea bream (*Sparus aurata*, L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, p. 4269-4275, 1998.
- BARJA, J.L.; ESTEVES, A.T. **Patologia en acuicultura**. Espanha: CAICYT, 1988. 550p.
- BARRETTO, A.C.G. **Status sanitário de tilápias cultivadas em viveiros e tanques-rede**. 56 p. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Veterinária) Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- BARROS, C.N. *et al.* Identificação e perfil de resistência de bactérias do gênero *Vibrio* isoladas de beijupirá. In Feira Nacional do Camarão – FENACAM 2012, Natal, RN. 2012a.
- BARROS, C.N. *et al.* Víbrios patogênicos isolados do intestino de beijupirás cultivados em sistema offshore. In AQUAPESCABRASIL 2012 – III SIAP – Feira Internacional de Pesca e Aquicultura, Salvador, BA, v. 3. 2012b.
- BULLER, N.B. **Bacteria from fish and other aquatic animals: a practical identification manual.** Cambridge: CAB Publishing. 2004. 361p.
- COELHO, M.I.S. *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais consumidas na região metropolitana de Recife, Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 32, p. 1-8, 2010.
- COYNE, R.; HINEY, M.; SMITH, P. Transient presence of oxytetracycline in blue mussels (*Mytilus edulis*) following its therapeutic use at a marine Atlantic salmon farm. **Aquaculture**, v. 149, p. 175-181, 1997.
- DECOSTERE, A. *et al.* Characterization of the adhesion of *Flavobacterium columnare* to gill tissue. **Journal of Fish Diseases**, v. 22, p. 466-474, 1999.
- DEMARTA, A. *et al.* *Aeromonas tecta* sp. nov., isolated from clinical and environmental sources. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 31, p. 278-286, 2008.
- DIGGLES, B. K. *et al.* *Vibrio* species associated with mortalities in hatchery-reared turbot (*Colistium mudipinnis*) and brill (*C. guntheri*) in New Zealand. **Aquaculture**, v. 183, n. 1-2, p. 1-12, 2000.
- DONE, H.; VENKATESAN, A.; HALDEN, R. Does the recent growth of aquaculture create antibiotic resistance threats different from those associated with land animal production in agriculture? **The American Association of Pharmaceutical Scientists Journal**, v. 17, p. 513-524, 2015.
- EVANS, J.J. *et al.* Characterization of β -haemolytic group B *Streptococcus agalactiae* in cultured seabream, *Sparus auratus* L., and wild mullet, *Liza klunzingeri* (Day), in Kuwait. **Journal of Fish Diseases**, v. 25, p. 505-513, 2002.
- ETO, S. F., *et al.* Characterization and production of IgY antibodies anti-*Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*: Therapeutic and prophylactic use in *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 513, p. 734424, 2019.
- FERREIRA, C.M. **Avaliação da toxicidade do cobre e do uso de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) como animais sentinelas.** 117p. 2002. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- FIGUEIREDO, H.C.P.; LEAL, C.A.G. Tecnologias aplicadas em sanidades de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 08-14, 2008.
- FIGUEIREDO, H.C.P. *et al.* *Streptococcus agalactiae* associado à meningoccefalite e infecção sistêmica em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 678-680, 2006.
- FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança alimentar.** Porto Alegre: Artmed. 2002. 424p.
- FORTT, Z.A.; CABELLO, F.C.; BUSCHMANN, R.A. Resíduos de tetraciclina y quinolonas en peces silvestres en una zona costera donde se desarrolla la acuicultura del salmón en Chile. **Revista Chilena de Infectología**, v. 24, p. 14-18, 2007.
- FRERICHS, G.N.; MILLAR, S.D. **Manual for the isolation and identification of fish bacterial pathogens.** Stirling: Pisces Press. 1993. 60p.
- GAO, P. *et al.* Occurrence of sulfonamide and tetracycline-resistant bacteria and resistance genes in aquaculture environment. **Water Research**, v. 46, p. 2355-2364, 2012.
- GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos.** 3. Ed., São Paulo: Manole. 2008. 357p.
- HAMEED, A.S.S. *et al.* Antibiotic resistance in bacteria isolated from hatchery-reared larvae and post-larvae of *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 217, p. 39-41, 2003.
- HARDIE, J.M.; WHILEY, R.A. Classification and overview of the genera *Streptococcus* and *Enterococcus*. **Journal of Applied Microbiology (Symposium Supplement)**, v. 83, p. 1S-11S, 1997.
- HERVIO-HEATH, D. *et al.* Occurrence of pathogenic vibrios in coastal areas of France. **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, p. 1123-1135, 2002.
- HIRSCH, D. *et al.* Identificação e resistência a antimicrobianos de espécies de *Aeromonas* móveis isoladas de peixes e ambientes aquáticos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 1211-1217, 2006.

- HOFER, E. *et al.* Envolvimento de *Aeromonas* em surto de doença diarréica aguda em São Bento do Una, Pernambuco. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, p. 217-220, 2006.
- HOLLIMAN, A. The veterinary approach to trout. In BROWN, L. (Ed.). **Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine**. Oxford: Pergamon Press. 1993. p. 223-247.
- IGBINOSA, E.O.; OKOH, A.I. Emerging *Vibrio* species: an unending threat to public health in developing countries. **Research in Microbiology**, v. 159, p. 495-506, 2008.
- JACOBS, L.; CHENIA, Y. Characterization of integrons and tetracycline resistance determinants in *Aeromonas* spp. isolated from South African aquaculture systems. **International Journal of Food Microbiology**, v. 114, p. 295-306, 2007.
- JOHNSON, S. *et al.* Aerobic bacterial flora of the vagina and prepuce of California sea lions (*Zalophus californianus*) and investigation of associations with urogenital carcinoma. **Veterinary Microbiology**, v. 114, p. 94-103, 2006.
- KONEMAN, E.W. **Diagnóstico microbiológico – texto e atlas colorido**. 5 ed. São Paulo: Medsi. 2001. 1465p.
- KORASHY, N.T. A study on mesophilic aeromonas in milk and some milk products in Port Said City. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 2, p. 1037-1041, 2006.
- KOZINSKA, A. Dominant pathogenic species of mesophilic aeromonads isolated from diseased and healthy fish cultured in Poland. **Journal of Fish Diseases**, v. 30, p. 293-301, 2007.
- KUNTTU, H.M.T. *et al.* The efficacy of two immunostimulants against *Flavobacterium columnare* infection in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 26, p. 850-857, 2009.
- LIAO, I. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LIMA, R.M.S. *et al.* Resistência a antimicrobianos de bactérias oriundas de ambientes de criação e filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 126-132, 2006.
- LIN, J.H. *et al.* Vaccination with three inactivated pathogens of cobia (*Rachycentron canadum*) stimulates protective immunity. **Aquaculture**, v. 255, p. 125-132, 2006.
- LIU, P.C.; LIU, J.Y.; LEE, K.K. Virulence of *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* in cultured cobia *Rachycentron canadum*. **Journal of Basic Microbiology**, v. 43, p. 499-507, 2003.
- LIU, P. *et al.* Isolation and characterization of pathogenic *Vibrio harveyi* (*V. carchariae*) from the farmed marine cobia fish *Rachycentron canadum* L. with gastroenteritis syndrome. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 20, p. 495-499, 2004.
- LOPEZ, C. *et al.* Disease outbreak in seafarmed cobia (*Rachycentron canadum*) associated with *Vibrio* spp., *Photobacterium damsela* ssp. *piscicida*, monogenean and myxosporean parasites. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 22, p. 206-211, 2002.
- LOWRY, T.; SMITH, S.A. *Mycobacterium* sp. infection in cultured cobia (*Rachycentron canadum*). **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 26, p. 87-92, 2006.
- LUNA, R.O. **Identificação, perfil de resistência a antimicrobianos e caracterização molecular de *Aeromonas* spp. isoladas de queijos de coalho tipo A comercializados na cidade de Recife, PE**. 49 p. 2012. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- LYCZAK, J.B.; CANNON, C.L.; PIER, G.B. Establishment of *Pseudomonas aeruginosa* infection: Lessons from a versatile opportunist. **Microbes and Infection**, v. 2, p. 1051-1060, 2000.
- MAIA, A.A. *et al.* Resistência antimicrobiana de *Pseudomonas aeruginosa* de isolados de pescado e de cortes e de miúdos de frango. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 29, p. 114-119, 2009.
- MAIONE, D. *et al.* Identification of a universal group B *Streptococcus* vaccine by multiple genome screen. **Science**, v. 309, p. 148-150, 2005.
- MARTINELLI, T.M. *et al.* Ocorrência de *Aeromonas* spp. em abatedouro bovino e sensibilidade a antimicrobianos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 195-202, 2010.
- McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S.R. Parasites, diseases and deformities of cobia. **Ribarstvo**, v. 66, p. 1-16, 2008.
- MEIRELLES, F.S. **Estudo epidemiológico das infecções bacterianas em tilápias *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), cultivadas em Pernambuco**. 77p. 2010. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- MONTEIRO, S.H. *et al.* Antibiotic residues and resistant bacteria in aquaculture. **The Pharmaceutical and Chemical Journal**, v. 5, p. 127-147, 2018.
- NASCIMENTO, D.L. **Pesquisa de bactérias potencialmente patogênicas em *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) cultivado no estado de Pernambuco**. 2012. 38p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Veterinária, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- NASCIMENTO, D.L. *et al.* Bactérias potencialmente patogênicas isoladas de beijupirá (*Rachycentron canadum*) cultivado em sistema *offshore*. **Medicina Veterinária**, v. 8, p. 12-21, 2014.
- NEDOLUHA, P.C.; WESTHOFF, A. Microbiological flora of aquacultured hybrid striped bass. **Journal of Food Protection**, v. 56, p. 1054-1060, 1993.
- NGUYEN, T.T.T. *et al.* Effectiveness of a divalent *Streptococcus dysgalactiae* inactivated vaccine in cobia (*Rachycentron canadum* L.). **Aquaculture**, v. 495, p. 130-135, 2018.
- NIZET, V.; RUBENS, C. Pathogenic mechanisms and virulence factors of Group B Streptococci. In FISCHETTI, V.; NOVICK, R.; FERRETTI, J.; PORTNOY, D.; ROOD, J. (Eds.), **Gram-Positive Pathogens**. American Society for Microbiology, Washington D.C. 2000. p. 125-135.
- OIE (Office International des Epizooties). **Diagnostic manual for aquatic animal diseases**. Paris: OIE. 2003.
- OLIVARES-FUSTER, O. *et al.* Molecular typing of *Streptococcus agalactiae* isolates from fish. **Journal of Fish Diseases**, v. 31, p. 277-283, 2008.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Maringá: Ed. Universidade Estadual de Maringá, 2ª Ed. 2002. 305p.
- PENDERS, J.; STOBBERINGH, E.E. Antibiotic resistance of motile aeromonads in indoor catfish and eel farms in the southern part of The Netherlands. **International Journal of Antimicrobial Agents** v. 31, p. 261-265, 2008.
- PILARSKI, F.; ROSSINI, A.J.; CECCARELLI, P.S. Isolamento e caracterização de *Flavobacterium columnare* de quatro espécies de peixes tropicais no Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 409-414, 2008.
- PIRNAY, J.P. *et al.* Global *Pseudomonas aeruginosa* biodiversity as reflected in a Belgian river. **Environmental Microbiology**, v. 7, p. 969-980, 2005.
- POLLAK, M. *Pseudomonas aeruginosa*. In MANDELL, D.; BENNETHS, J.; DOLIN, R. (Eds.), **Principles and practice of infectious diseases**. Churchill Livingstone, New York. 2000. 2310p.
- RADU, S. *et al.* Prevalence and resistance to antibiotics for *Aeromonas* species from retail fish in Malaysia. **International Journal of Food Microbiology**, v. 81, p. 261-266, 2003.
- RAJAN, P.R. *et al.* *Vibrio alginolyticus* infection in cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in Taiwan. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 21, p. 228-234, 2001.
- RHODES, G. *et al.* Distribution of oxitetracycline resistance plasmids between aeromonads in hospital and aquaculture environments: implication of Tn1721 in dissemination of the tetracycline resistance determinant Tet A. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, p. 3883-3890, 2000.
- RIBEIRO, R.V. **Avaliação de sistema de cultivo integrado, a partir da reciclagem de águas residuais submetidas a tratamento primário, pesquisa de espécies dos gêneros *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio* e *Aeromonas***. 93p. 2011. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Microbiologia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- RINGO, E. *et al.* Bacterial translocation and pathogenesis in the digestive tract of larvae and fry. **Aquaculture**, v. 268, p. 251-264, 2007a.
- RINGO, E. *et al.* Histological changes in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) intestine following *in vitro* exposure to pathogenic and probiotic bacterial strains. **Cell and Tissue Research**, v. 328, p. 109-116, 2007b.
- ROBERTS, H.H.; PALMEIRO, B.; WEBER, S. Bacterial and parasitic diseases of pet fish. **Veterinary clinics of North America: Exotic animal practice**, v. 2, p. 609-638, 2009.
- SALINAS, I. *et al.* *In vitro* studies of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) foregut, tissue responses and evidence of protection against *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* epithelial damage. **Veterinary Microbiology**, v. 128, p. 167-177, 2008.
- SAPKOTA, A. *et al.* Aquaculture practices and potential human health risks: Current knowledge and future priorities. **Environment International**, v. 34, p. 1215-1226, 2008.

- SCHMIDT, A.S.; MORTEN, S.B.; DALSGAARD, K.P. Occurrence of antimicrobial resistance in fish pathogenic and environmental bacteria associated with four Danish rainbow trout farms. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, p. 4908-4915, 2000.
- SCHMIDT, A.S. *et al.* 2001. Incidence, distribution, and spread of tetracycline resistance determinants and integron-associated antibiotic resistance genes among motile aeromonads from a fish farming environment. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, p. 5675-5692, 2001.
- SEN, K.; RODGERS, M. Distribution of six virulence factors in *Aeromonas* species isolated from US drinking water utilities: a PCR identification. **Journal of Applied Microbiology**, v. 97, p. 1077-1086, 2004.
- SHAMA, S. *et al.* Bactérias com potencial patogênico nos rins e lesões externas de jundiás (*Rhamdia quelen*) cultivados em sistema semi-intensivo. **Ciência Rural**, v. 30, p. 293-298, 2000.
- SHAPERCLAUS, W. **Fish diseases**. Rotterdam: Balkema. 1992. v. 1, 594pp.
- SHEHANE, D.S.; SIZEMORE, R.K. Isolation and preliminary characterization of bacteriocins produced by *Vibrio vulnificus*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 92, p. 322-328, 2002.
- SILVA, A.D.R. *et al.* Perfil de resistência de *Vibrio alginolyticus* isolados de beijupirá cultivado In **Feira Nacional do Camarão – FENACAM, X Simpósio Internacional de Carcinicultura e VII Simpósio Internacional de Aquicultura**, Natal, RN. 2013a.
- SILVA, A.D.R. *et al.* Lesões cardíacas e hepáticas associadas à ocorrência de *Vibrio alginolyticus* em cultivo experimental de beijupirá In **XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca – XVIII CONBEP**, Paulo Afonso, BA. 2013b.
- SILVA, R.M.L. *et al.* *Aeromonas* spp. em água de pisciculturas da região da baixada ocidental maranhense. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, p. 245-249, 2010.
- SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de genética**, 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2010.
- SUHET, M.I.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; AMARAL, L.A. Atividade hemolítica e resistência a antimicrobianos por espécies de *Aeromonas* isoladas de criação intensiva de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **ARS Veterinária**, v. 27, p. 36-44, 2011.
- SUOMALAINEN, L.R.; TIIROLA, M.; VALTONEM, E.T. Influence of rearing conditions on *Flavobacterium columnare* infection of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Journal of Fish Diseases**, v. 28, p. 271-277, 2005.
- TAVECHIO, W.L.G.; GUIDELLI, G.; PORTZ, L. Alternativas para a prevenção e o controle de patógenos em piscicultura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, p. 335-341, 2009.
- TORANZO A.E.; MAGARINÕS, B.; ROMALDE, J.L. A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. **Aquaculture**, v. 246, p. 37-61, 2005.
- TRABULSI, R.L.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Atheneu. 2005. 718p.
- VIVEKANANDHAN, G. *et al.* Antibiotic resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from marketed fish and prawn of South India. **International Journal of Food Microbiology**, v. 76, p. 165-168, 2002.

CAPÍTULO 9

SISTEMA IMUNE DE TELEÓSTEOS: DESENVOLVIMENTO ONTOGÊNICO E IMUNOMARCAÇÃO DOS ÓRGÃOS LINFOIDES DO BEIJUPIRÁ

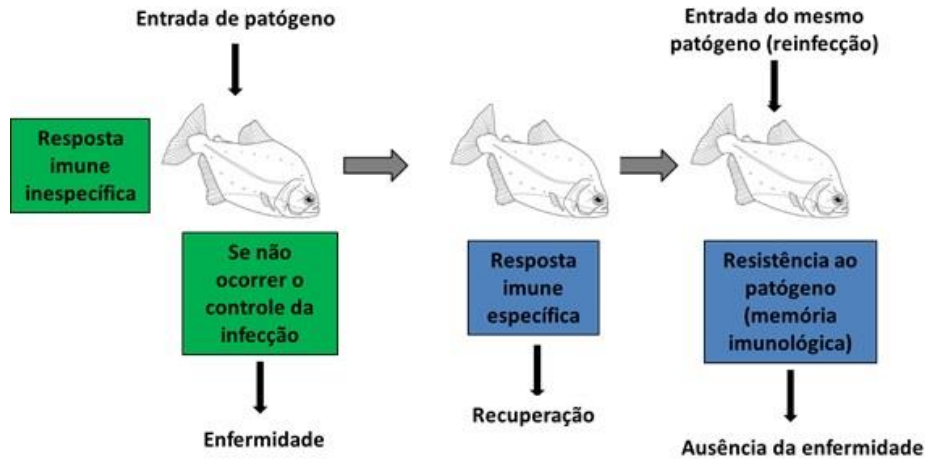
Marta da Costa Klosterhoff
Luis Alberto Romano

O sistema imune dos teleósteos e demais vertebrados pode ser definido como um conjunto de órgãos, tecidos, células e moléculas capazes de reconhecer o que é próprio e recusar o que não é próprio. Do ponto de vista funcional, o sistema imune pode ser classificado em duas classes: o sistema imune inato, inespecífico ou natural e o sistema imune adaptativo, específico ou adquirido (ABBAS *et al.*, 2007).

O sistema imune inespecífico é denominado antígeno independente, ou seja, qualquer que seja o antígeno, a resposta será semelhante. Ao longo do tempo, a presença do mesmo antígeno não altera a resposta, o que significa que não há memória imunológica. Esse sistema atua como primeira linha de defesa contra a presença de um agente patógeno e no controle de infecções sem recorrer ao sistema específico (LEVRAUD; BOUDINOT, 2009). O sistema imune inespecífico é composto por barreiras físicas e mecânicas, como a pele, cuja principal função é impedir a entrada de agentes patógenos. A pele é resistente e produz abundante muco, que contém a enzima bactericida lisozima, mais encontrada nas mucosas. Em segundo lugar, o tecido sanguíneo fornece células circulantes no sangue periférico, como granulócitos, monócitos e trombócitos, de importância no estabelecimento do processo inflamatório. No plasma também se encontram substâncias de interesse na resposta imune inespecífica por estimular e ativar a fagocitose de complexos imunes, gerar lise direta do patógeno e desencadear o processo inflamatório, quando a gravidade do ataque exigir. O mecanismo de ação do sistema imune (Figura 9.1) mostra a possibilidade de o patógeno não ser controlado, transferindo essa ação para o sistema imune específico (ROMANO, 2012).

O sistema imune inespecífico está composto por células sanguíneas destinadas a fagocitar e apresentar o antígeno ao sistema imune específico, além dos fatores humorais (MAGNADÓTTIR, 2006; ROMANO, 2012). Em alguns casos, quando o material a ser fagocitado é grande, formam-se células gigantes multinucleadas (KLOSTERHOFF; ROMANO, 2012).

Figura 9.1 – Mecanismo de ação da imunidade inespecífica e específica: quando um agente patógeno entra no organismo, começa a resposta inespecífica; o patógeno é destruído, e o animal se recupera. Se o patógeno não for controlado, transfere-se a informação ao sistema específico, que reage (imunidade celular e humoral) gerando uma resposta eficaz, destruindo o patógeno. A memória imunológica é gerada bloqueando qualquer futura tentativa de entrada do mesmo patógeno.



Fonte: Romano, 2012

As principais células que participam na resposta inflamatória inespecífica são os macrófagos, os quais fagocitam substâncias estranhas abióticas e bióticas, como diferentes patógenos. Células apresentadoras de antígenos (APC) também estão envolvidas na resposta imune específica, de tal forma que podem fornecer uma ponte entre a resposta imune inespecífica e a específica. Em última análise, essas células têm uma heterogeneidade funcional que vai além de uma simples fagocitose (ROMANO, 2012). Sua diferenciação e origem no rim anterior dos peixes ainda não estão esclarecidas. Encontra-se em trânsito entre os tecidos centrais hematopoiéticos, como o rim anterior, onde se diferenciam em diversas células fagocíticas, tais como macrófagos chamados *fixos*, ou *histiócitos*. Durante os processos inflamatórios, essas células abandonam os vasos sanguíneos no local afetado, transformam-se em histiócitos e fagocitam bactérias e restos celulares. Os macrófagos também são células apresentadoras de antígenos (MALE *et al.*, 2006; ROMANO, 2012).

Os macrófagos incorporados nos tecidos se distribuem estrategicamente por todo o corpo constituindo o sistema fagocitário mononuclear (SFM). O enfoque das células histiocíticas implica considerar inicialmente sua enorme capacidade funcional para enquadrar adequadamente os caracteres morfológicos e histoquímicos dos mesmos (MALE *et al.*, 2006). O conhecimento atual sobre os macrófagos confirma seu papel central em todos os tecidos como células de defesa e interação. O papel de defesa é o mais conhecido; a função de interação, isto é, a ação exercida reciprocamente entre dois ou mais agentes, forças ou funções, permite destacar as atividades que vão além de avaliar a atividade fagocitária, estendendo-se até as suas coparticipações permanentes com outras células (FERGUSON, 1989; ROBERTS, 2012). Nos peixes, esse sistema está totalmente desenvolvido; nele, encontram-se células com capacidade fagocitária circulando no sangue e em outros tecidos (Tabela 9.1).

Tabela 9.1 – Sistema fagocitário mononuclear em teleostes

Tipos de célula	Local do tecido
Macrófago fixo (histiócito)	Tecido conjuntivo de todo o organismo
Células semelhantes às células de Kupffer de mamíferos	Fígado
Melanomacrófagos	Baço, rim, fígado
Célula granular eosinófila (CGE)	Vários tecidos
Micróglia	Sistema nervoso central
Células mesoteliais	Serosa pericárdica e peritoneal

Fonte: Romano, 2012

A distribuição dos macrófagos em todo o organismo garante a retirada de elementos e/ou células estranhas e também produtos próprios do envelhecimento celular. Nos peixes, existem macrófagos carregados de pigmentos denominados *melanomacrófagos*, os quais são produzidos no rim, no baço e, em algumas espécies, no fígado. Da mesma forma, sua presença é abundante em tecidos inflamados (HERNANDEZ; ZAPATA, 1986; AGIUS; ROBERTS, 2003). Os melanomacrófagos podem se apresentar como células isoladas – conforme observado em teleósteos inferiores; por exemplo, os salmonídeos – ou como grupos celulares formando centros melanomacrófagos (CMM) – na maioria dos teleósteos superiores; por exemplo, os ciprinídeos (HERNANDEZ; ZAPATA, 1986). As características da coloração dos melanomacrófagos estão relacionadas com a presença dos pigmentos formados pelo acúmulo de ferro, melanina, material amorfo fagocitado e, eventualmente, por pigmento ceróide (AGIUS; AGBEDE, 1983). A circulação e ativação de linfócitos pelos CMM, bem como o aumento de seu número em várias condições patológicas, indicam o importante papel que essas células desempenham no mecanismo de defesa dos peixes. Os CMM podem representar os centros germinais mais primitivos, homólogos a de aves e mamíferos (AGIUS, 1979; ANDERSON, 1990; MACCHI *et al.*, 1992).

As células granulares eosinofílicas (CGE) também são importantes na resposta imune inespecífica de peixes. Elas são células mononucleares que contêm abundantes e proeminentes grânulos eosinofílicos. As suas características histoquímicas e associações com certas doenças sugerem que são semelhantes aos mastócitos dos mamíferos (LUCENA, 1990; MATSUYAMA; IIDA, 2002).

Existem vários tipos de substância envolvidos direta ou indiretamente na fagocitose. Alguns geram opsonização de micro-organismos ou procuram impedir a replicação viral e outras que participam da resposta inflamatória, que é uma resposta inespecífica inicial completa frente a um patógeno. Estudos em vários animais, incluindo peixes, relatam peptídeos antimicrobianos endógenos que são importantes na resposta imune inespecífica (ROMANO, 2008). Os mais conhecidos são as lisozimas. A lisozima é uma enzima amplamente distribuída entre os seres vivos. Sua ação catalítica consiste em romper a ligação glicosídica característica dos peptidoglicanos bacterianos, cujos dissacarídeos constituídos são N-acetil glucosamina e N-acetil murâmico. A atividade da lisozima no muco pode induzir resistência nos peixes expostos a agentes infecciosos (PARK *et al.*, 1998; PATRZYKAT *et al.*, 2001).

O sistema do complemento é um componente importante do sistema imune inato e está constituído por cerca de 35 proteínas diferentes. Os peixes aparentemente têm um sistema com vias de ativação similar ao dos mamíferos (HOLLAND; LAMBRIS, 2002). Informações sobre as proteínas do sistema de complemento, as proteínas reguladoras e receptores do complemento dos peixes ainda não estão totalmente esclarecidas. Ainda não há certeza se todas as funções do complemento identificadas em mamíferos ocorrem nos peixes. No entanto, tem sido demonstrado claramente que o sistema de complemento dos peixes produz tanto lise direta quanto indireta de células estranhas e que são capazes de estimular a fagocitose e a opsonização (HOLLAND; LAMBRIS, 2002).

Há muito tempo, sabe-se que a proteína C reativa (CRP) de mamíferos participa da fase aguda da resposta inflamatória. Essa proteína se liga a várias proteínas da parede dos micro-organismos, onde cumpre funções de opsonização (POVOA, 2002). Tem sido demonstrado em peixes que essa proteína provoca a precipitação de uma variedade de moléculas contendo carboidratos e ésteres fosforilados presentes em fungos, parasitos e bactérias (BALDO; FLETCHER, 1973; MARTINS *et al.*, 2004). Uma diferença interessante em relação aos mamíferos é que, nos peixes, a CRP é um constituinte considerado normal e constante do plasma, comportando-se como um elemento defensivo contra qualquer micro-organismo (FLETCHER *et al.*, 1981). A CRP não se eleva apenas pela presença de noxas biológicas como os micro-organismos. Têm sido demonstradas modificações de níveis da CRP no soro de trutas após a exposição ao formol e permanganato de potássio, de tal forma que a determinação

dos níveis dessa proteína pode ser usada como um bioindicador de estado de saúde dos peixes (KODAMA *et al.*, 2004).

Possivelmente o mais conhecido composto relacionado à reação inflamatória, a histamina foi identificada em diferentes espécies de peixes, indicando que regula o processo de explosão respiratória e desempenha um papel importante no controle da resposta inflamatória (PARK *et al.*, 1998; ROSE *et al.*, 1998). Células homólogas aos mastócitos de mamíferos, as CGE, parecem conter histamina (ROMANO, 2008).

A serotonina 5-hidroxitriptamina é o segundo mediador vasoativo mais importante na resposta inflamatória. Nos peixes, sua função parece ser similar à dos mamíferos, nos quais está associada a fenômenos de estresse. Durante o estresse, os níveis de serotonina na circulação periférica influenciam vários sistemas fisiológicos, incluindo o sistema imune, de modo que nesses animais essa substância pode ser considerada como imunomoduladora (KHAN; DESCHAUX, 1997). Estudos histoquímicos têm revelado a presença de serotonina nas brânquias (DUNEL-ERB *et al.*, 1989) em dois tipos de célula: nas células neuroepiteliais, que se encontram entre as células epiteliais das lamelas branquiais, e nas células e fibras nervosas que inervam a artéria eferente da lamela branquial (DUNEL-ERB *et al.*, 1989; BAILLY *et al.*, 1989).

As cininas formam uma família de peptídeos produzidos em fluidos corporais e tecidos durante a inflamação. As mais estudadas são as bradisininas e as calidinas, sintetizadas através da ação da enzima calicreína a partir de moléculas precursoras denominadas cininogênios (YOSHIO *et al.*, 2001). A bradisinina foi encontrada em várias espécies de peixes, mas suas funções ainda não estão claramente definidas. As brânquias e o rim têm calicreína com imunorreatividade de bradisinina, demonstrando que os peixes possuem elementos do sistema de cininas, incluindo calicreína, assim como a atividade enzimática de cininase II (SINGH *et al.*, 2007).

O sistema imune específico, ou adaptativo, é também *denominado antígeno dependente*, ou seja, gera uma resposta específica contra uma região específica do patógeno, conhecido por antígeno (ABBAS *et al.*, 2007). Esse sistema de defesa consiste na proliferação de linfócitos, que produzem anticorpos ou células citotóxicas específicas para cada antígeno, com o desenvolvimento da memória imunológica (TRICHET, 2010), permitindo assim a produção de vacinas para proteger humanos e animais contra agentes infecciosos (MARSDEN *et al.*, 1996).

A individualidade imunológica é marcada pelo complexo principal de histocompatibilidade, o qual demonstra que o indivíduo é único. Por isso, há sempre uma tendência de rejeitar tecidos implantados a partir de uma espécie diferente (xenogênico) e de indivíduo da mesma espécie (alogênico). Durante a vida de um indivíduo e ao longo do desenvolvimento evolutivo, esse complexo sistema imunológico permitiu resistir à ação deletéria de várias noxas (CUSHING, 1975; COOPER, 2003; BECKMAN, 2005).

A imunidade específica é subdividida em dois padrões de resposta, a específica humoral e a específica celular (RUBIO-GODOY, 2010), que são representadas, respectivamente, pelos linfócitos B e T. Durante a ontogenia do sistema imune, os linfócitos que migram do rim anterior, ou prônefro, para o timo adquirem receptores específicos de células T (timo-dependente). Em peixes, os linfócitos B adquirem seus receptores específicos, aparentemente no prônefro (NIELSEN; ESTEVE-GASSENT, 2006). Alguns antígenos estimulam a imunidade humoral produzida por linfócitos B, e essas células sintetizam uma imunoglobulina denominada M (IgM), que circula pelo soro sanguíneo, enquanto outros antígenos estimulam a imunidade celular ou timo-dependente. As células T não produzem anticorpos circulantes, apenas células que acabam produzindo células T citotóxicas (CD8) que neutralizam o antígeno (STOSKOPF, 1993; CAIN *et al.*, 2002).

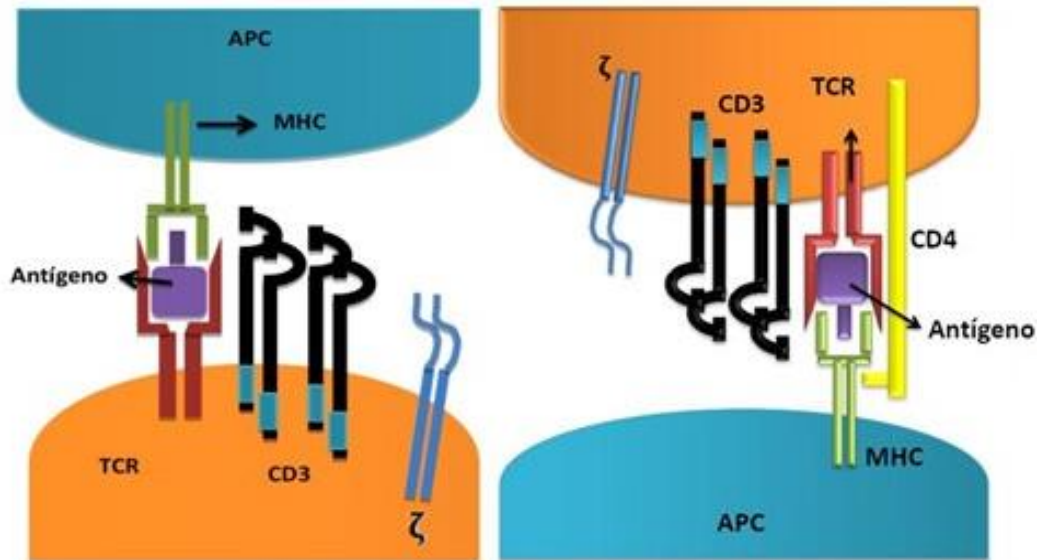
A imunidade humoral funciona através de moléculas presentes no sangue e nas secreções das mucosas. Essas moléculas, os anticorpos ou imunoglobulinas (Ig), mais especificamente a IgM, única imunoglobulina produzida por peixes, são produzidas por linfócitos B, reconhecem antígenos, neutralizam a patogenicidade dos micro-organismos e os preparam para serem eliminados por diversos mecanismos efetores. A capacidade de união das imunoglobulinas com antígenos solúveis permite a formação de um complexo

antígeno-anticorpo, que precipita e aglutina, e o mecanismo da fagocitose elimina o antígeno (RUBIO-GODOY, 2010).

A imunidade celular é mediada pelos linfócitos T (timo-dependentes) e B (bursa-dependentes). Esses tipos celulares linfoides têm a função de defender o organismo contra infecções que não são passíveis de controle apenas com a imunidade humoral. Alguns micro-organismos intracelulares, como vírus e algumas bactérias, sobrevivem e proliferam no interior dos fagócitos e de outras células do hospedeiro, onde estão protegidas dos anticorpos. A defesa contra tais infecções cabe à imunidade celular, que promove o reconhecimento e a destruição das células infectadas para eliminar os reservatórios de infecção. Os linfócitos B representam as únicas células capazes de produzir e secretar anticorpos. Eles reconhecem antígenos extracelulares, incluindo aqueles que estão na superfície celular, e se diferenciam em células secretoras de anticorpos ou imunoglobulinas (ROMBOUT *et al.*, 2005; RUBIO-GODOY, 2010).

Os linfócitos T reconhecem os antígenos intracelulares destruindo-os ou destruindo a célula infectada. Seus receptores de antígenos são moléculas presentes na membrana. Esses linfócitos apresentam uma especificidade restrita para antígenos; reconhecem apenas peptídeos antigênicos ligados a proteínas do hospedeiro que são codificadas pelos genes do complexo maior de histocompatibilidade (MHC) que se expressam nas superfícies de outras células (MAISEY; IMARAI, 2010). Dessa forma, os linfócitos T reconhecem e respondem a antígenos ligados à superfície celular, e não a antígenos solúveis. Todos os linfócitos adquirem o receptor CD3 ao chegar ao timo, logo são divididos de acordo com a sua funcionalidade em duas subpopulações linfocitárias principais: os linfócitos T CD4⁺, ou auxiliares, e os linfócitos T CD8⁺, ou citotóxicos. Esses dois grupos de linfócitos expressam em sua membrana o receptor de antígeno chamado receptor $\alpha\beta$, conhecido também como receptor de célula T (TCR). O receptor TCR é um heterodímero, formado por duas cadeias polipeptídicas transmembranas ligadas por pontes de dissulfeto. Cada cadeia de TCR é codificada por múltiplos segmentos gênicos que sofreram recombinação somática durante a maturação dos linfócitos T (ZHU; PAUL, 2008). Esse processo é chamado de recombinação V (D) J, pois ocorre através do rearranjo de vários genes da região variável (V), com genes de diversidade (D) e/ou junção (J) em cada linfócito, assim gerando um novo éxon rearranjado para cada gene do receptor de antígenos (ABBAS *et al.*, 2007). Juntamente com o TCR nos linfócitos T, estão as proteínas CD3 e CD247, que são receptoras de membrana presentes em todos os linfócitos que têm sua maturação e diferenciação no timo e estão envolvidas genericamente no mecanismo de transdução de sinal. Essas proteínas, juntamente com o TCR na membrana celular, formam o complexo TCR e são necessárias para a expressão do TCR, transporte desse receptor e transdução de sinal (Figura 9.2) (CLEVERS *et al.*, 1988; KLAUSNER *et al.*, 1990).

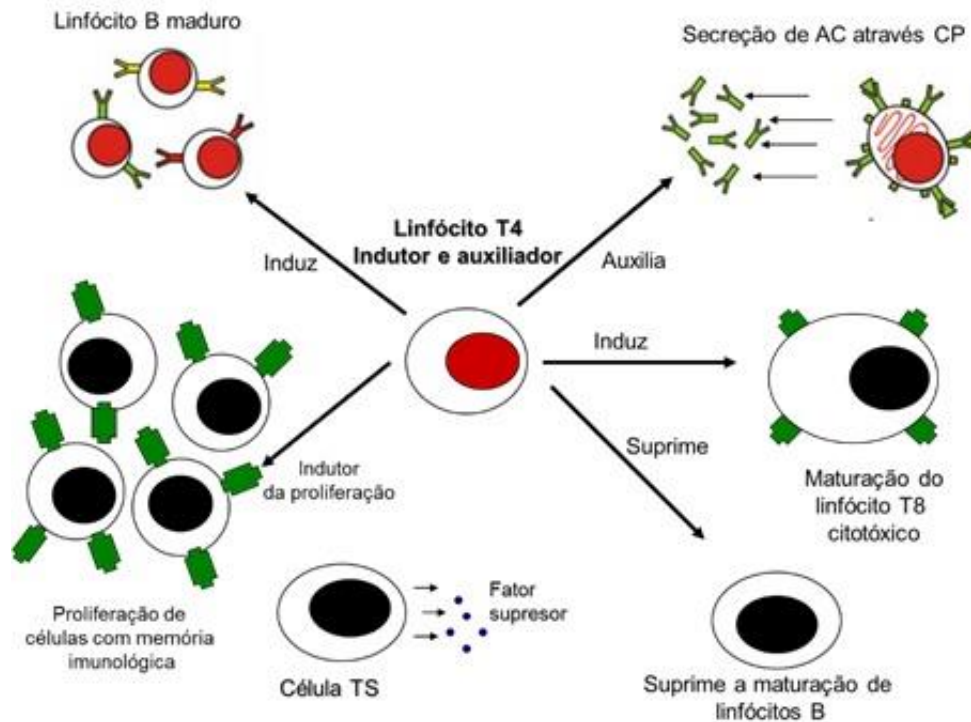
Figura 9.2 – Complexo TCR no linfócito T: **(A)**. As APC têm glicoproteínas tipo II de MHC, os receptores CD3 ocorrem em linfócitos T e fazem parte do complexo TCR, reconhecem o antígeno, mas não participam no processamento do antígeno; **(B)**. Os receptores CD4 ocorrem em linfócitos T auxiliares e fazem parte do complexo TCR. Além de reconhecer o antígeno, utilizam o epitopo para produzir um clone de linfócitos destinados somente a bloquear esse antígeno. CD4 são proteínas das células T que se ligam às regiões das moléculas do MHC que participam da transdução de sinal



Fonte: Batista, 2011

Dessa forma, independentemente do linfócito pertencer à subpopulação CD4 ou CD8, ele apresentará o complexo TCR em sua membrana celular. As subpopulações de linfócitos CD4 e CD8 são diferentes por possuírem, além do complexo TCR, glicoproteínas na membrana específica, que definem a funcionalidade de cada população. Essas glicoproteínas se ligam a regiões não polimórficas das moléculas do MHC e transduzem os sinais pelo complexo TCR durante a ativação das células T. A principal função dos receptores CD4 e CD8 é a transdução de sinais no momento de reconhecimento do antígeno, além também de reforçar a ligação dos linfócitos T com as APCs. O CD4 é expresso como um monômero na superfície das células T, já o CD8 é expresso como um heterodímero constituído de duas cadeias CD8 α e CD8 β . Os linfócitos CD4⁺ estão principalmente envolvidos na defesa do organismo contra agentes extracelulares que foram englobados pelos macrófagos, bem como na produção de citocinas, enquanto os linfócitos CD8⁺ estão mais relacionados ao combate de infecções em que o micro-organismo se encontra no meio intracelular (BEVAN, 2004; ZHU; PAUL, 2008). O linfócito T4 tem um papel fundamental em ativar todo o sistema imune e atua como uma ponte entre a imunidade inespecífica e a específica (Figura 9.3) (ROMANO, 2012).

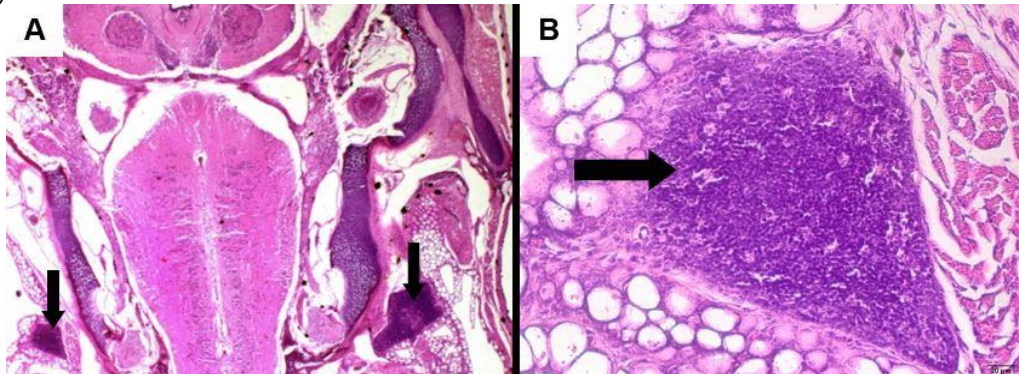
Figura 9.3 – Papel central que o linfócito T4 realiza na ativação da resposta do sistema imune específico, tanto humoral como celular



Fonte: Romano, 2012

Os órgãos linfoides são classificados em órgãos primários e secundários, sendo o rim e o timo órgãos primários; o baço, o tecido linfóide associado ao intestino, conhecido como GALT (*Gut-associated lymphoid tissue*), as brânquias e a pele são órgãos secundários (PRESS; EVENSEN, 1999). O timo em peixes teleosteos apresenta similaridade estrutural e funcional com o de mamíferos. Em vertebrados mandibulados, os linfócitos B e T, com seus diversos receptores para antígenos, são os tipos celulares fundamentais para a imunidade adaptativa, e o timo é o órgão fundamental para diferenciação e maturação da linhagem linfóide T. Em teleosteos, o timo permanece intimamente associado à câmara branquial, com o epitélio da faringe formando sua borda anterior (ZAPATA *et al.*, 1996) (Figura 9.4).

Figura 9.4 – Cortes transversais de juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) (28° dia após a eclosão – DAE): (A) as setas indicam o timo bilateral. HE 10 X; (B): a seta indica o timo como uma massa linfóide. HE 40 X

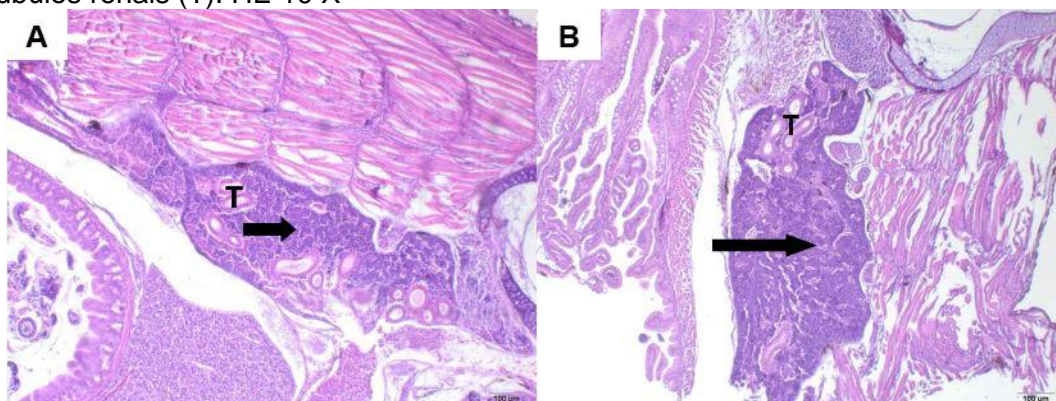


Fonte: Material do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos – LIPOA/FURG.

O rim, como o timo, desempenha um papel importante para o funcionamento das funções imunológicas de peixes teleosteos, sendo o órgão responsável pela hematopoiese (ZAPATA *et al.*, 1996). Morfologicamente, a porção anterior desse órgão

tem uma grande similaridade com a medula óssea, estrutura que, em vertebrados superiores, possui tanto a função linfo-hematopoiética como também de diferenciação de linfócitos B. Dessa forma, no rim anterior (prônefro) são produzidos anticorpos (FANGE; NILSSON, 1985). Anatomicamente, a estrutura e a extensão dos prônefros variam de acordo com as espécies, mas o quadro histológico é bastante semelhante (Figura 9.5). Entre os néfrons restantes, fundamentalmente do setor tubular, observa-se uma porção intersticial com abundante tecido linfo-hematopoiético (COOPER, 2003).

Figura 9.5 – (A): Rim de juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) com alguns túbulos (T) e células linfo-hematopoiéticas (seta) HE 10 X. (B): Rim de juvenil de beijupirá com abundante tecido hematopoiético intersticial (seta longa) e poucos túbulos renais (T). HE 10 X



Fonte: Material do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos – LIPOA/FURG

O baço consiste de células linfoides que se acumulam em torno dos tecidos formando a primeira barreira de defesa do organismo, sendo, dessa forma, considerado como órgão linfóide secundário do sistema imunológico (ZAPATA *et al.*, 1996). O baço se encontra coberto por uma cápsula fibrosa e fina, composto por múltiplos sinusoides repletos de eritrócitos (semelhante à polpa vermelha nos mamíferos). Os linfócitos se encontram rodeando estruturas vasculares, que, juntamente com os melanomacrófagos, formam o corpúsculo elipsoide (semelhante à polpa branca dos mamíferos). Esse corpúsculo é considerado uma unidade funcional do baço e, possivelmente, representa filogeneticamente o primeiro corpúsculo malpighiano dos animais vertebrados. Os macrófagos que rodeiam os corpos elipsoides participam na eliminação de complexos antígeno-anticorpos (ELLIS *et al.*, 1976; FERGUSON, 1989; DANNEVING; LANDSVERK, 1995).

A imuno-histoquímica é um ramo da técnica histológica voltado para a detecção de antígeno em tecidos, sendo extremamente útil como método de diagnóstico. Técnicas de imuno-histoquímica são ferramentas eficazes para o reconhecimento e posterior caracterização de anticorpos monoclonais (Mc Ac). Utilizando essa técnica, é possível visualizar uma reação antígeno-anticorpo em uma célula ou tecido, tanto com microscopia óptica como eletrônica (ROMANO, 2008). Essa técnica se baseia na aplicação, no tecido em estudo, do anticorpo contra o antígeno que se deseja encontrar. Em seguida, o anticorpo específico é usado como antígeno e marcado com um segundo anticorpo inespecífico, junto ao sistema enzimático com um complexo peroxidase-antiperoxidase, fosfatase alcalina-antifosfatase alcalina ou anticorpos biotinizados com o complexo avidina-biotina peroxidase, de forma que pode ser detectado por uma técnica de coloração. Nesse momento, o exame microscópico de cortes histológicos permite determinar a presença ou a ausência do antígeno de interesse e, em casos positivos, pode-se ver o lugar exato do tecido ou da célula em que o antígeno se encontra (ROMANO, 2008).

A técnica de imuno-histoquímica apareceu pela primeira vez durante um diagnóstico histopatológico por volta dos anos 1970. Em seguida sofreu uma enorme

expansão a partir da descoberta e aplicação dos anticorpos monoclonais, os quais acrescentaram precisão e especificidade (CIOCCA; BJERCKE, 1986). Para executar uma técnica de imuno-histoquímica, é necessário um anticorpo monoclonal ou policlonal específico contra o epítipo que se deseja detectar, um segundo anticorpo relacionado ao anticorpo primário, enzimas, substratos e cromógenos. As aplicações da imuno-histoquímica são inúmeras. Qualquer antígeno é demonstrado sempre que se encontra com o anticorpo correspondente (BABÍN *et al.*, 1991).

Muitas proteínas animais se mantêm conservadas durante a evolução, nas quais existe reatividade cruzada entre diferentes espécies. Por exemplo, usar o anticorpo anti-CD3 de humanos para marcar o receptor CD3 de outra espécie é uma abordagem que pode fornecer aos pesquisadores um método mais rentável de produção de anticorpos (CONRAD *et al.*, 2007; FENG *et al.*, 2018). Ainda de acordo com esses autores, foram identificados novos anticorpos para o estudo de populações de células T em diferentes espécies animais, elemento essencial na reatividade cruzada e para simplificar pesquisas, permitindo uma maior compreensão do sistema imunológico em espécies menos estudadas. Até que a produção de anticorpos se torne mais simples e rentável, estudos com reatividade cruzada devem continuar a ser explorados.

Informações sobre a ontogenia do sistema imune em peixes são restritas a poucas espécies de teleosteos, como a truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), o salmão (*Salmo salar*), o bagre (*Ictalurus punctatus*) e o zebrafish (*Danio rerio*). Entretanto, a identificação dos primeiros sítios linfo-hematopoiéticos, origem dos linfócitos B e T, e a aquisição das capacidades imunológicas permanecem indefinidas (ZAPATA *et al.*, 2006; KLOSTERHOFF *et al.*, 2015; ARYA *et al.*, 2019). O timo surge durante o período inicial de desenvolvimento desse sistema, e as células T (capazes de memória imunológica) se desenvolvem muito antes das células B (CUNHA *et al.*, 2008). Para estabelecer a ontogenia do sistema imune, é necessário analisar histologicamente todo o período embrionário, a organogênese dos órgãos linfoides no meio do período embrionário e o desenvolvimento do timo e do rim cefálico primordial. Esses órgãos são colonizados por linfócitos primordiais relativamente cedo, porém essas células só se tornam imunocompetentes quando os componentes do estroma dos órgãos não linfoides amadurecem, principalmente as células epiteliais, dendríticas e fibroblásticas. A maturação das células do estroma favorece a maturação das células linfoides, processo que envolve seleção, diferenciação e expansão das células imunocompetentes (STEINER *et al.*, 2004).

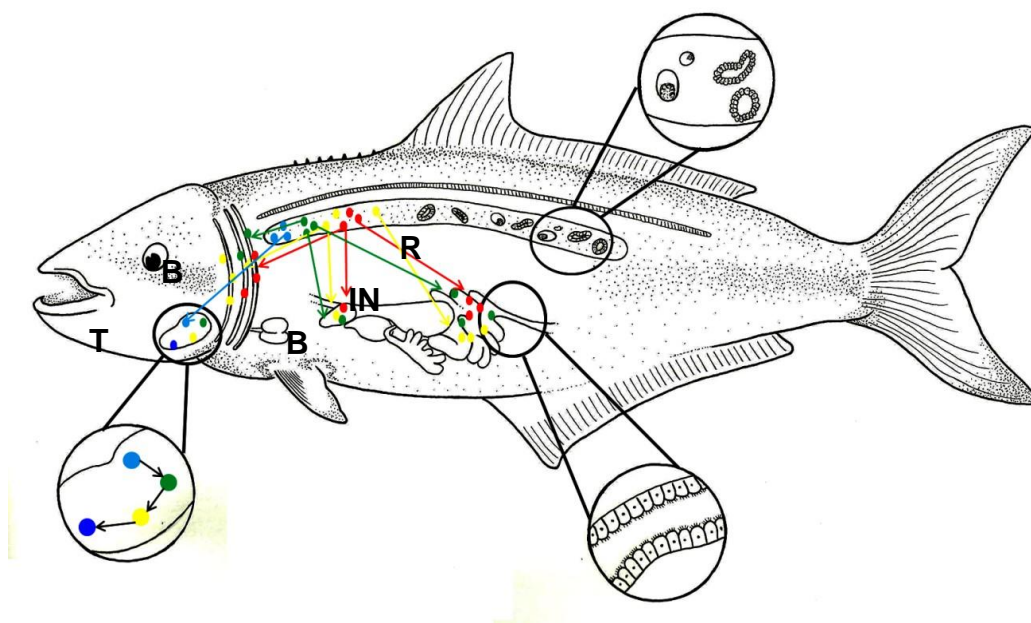
Para a aquicultura, o conhecimento do momento em que surge a imunidade adquirida em peixes é importante para estimar a idade adequada para, por exemplo, a utilização de vacinas. As vacinas induzem a memória imunológica específica, que, por sua vez, resultam na produção de anticorpos contra os patógenos (HEPPELL; DAVIS, 2000). Antes desse período, possivelmente apenas o uso de imunoestimulantes da defesa inata oferecem uma melhor proteção (ROMBOUT *et al.*, 2005). Assim, é necessário conhecer a partir de quando os peixes começam a ter capacidade de apresentar resposta imune adquirida, momento este em que a vacina passa a ter eficácia (HEPPELL; DAVIS, 2000; MULERO *et al.*, 2008; TONHEIM *et al.*, 2008).

O estudo das enfermidades e suas causas e dos mecanismos de prevenção e defesa é importante para o sucesso das criações (OZÓRIO *et al.*, 2004), pois as doenças são uma das principais causas de perdas econômicas na aquicultura em todo o mundo (OZÓRIO *et al.*, 2004; TAVARES-DIAS; MARTINS, 2017; SANTOS; RAMOS, 2018). O tratamento das doenças de peixes apresenta várias dificuldades. Medicamentos, como os antibióticos, podem trazer riscos tanto para as criações quanto para a saúde humana, principalmente por sua toxicidade e/ou através da aquisição de resistência dos micro-organismos. Sua utilização na aquicultura é apenas emergencial, e métodos menos drásticos, como as vacinas, são mais indicados (ALDERMAN; HASTINGS, 1998; ROBERTS, 2012). O esquema a seguir mostra a repovoação de linfócitos (Figura 9.6).

Como o beijupirá é uma espécie relativamente nova na aquicultura, ainda existe pouco conhecimento sobre alguns aspectos da sua fisiologia, como a caracterização

de células, tecidos e órgãos que participam na resposta imune e aspectos relacionados com a ontogenia desse sistema, sendo necessários mais estudos sobre tais aspectos (HOLT *et al.*, 2007; ARYA *et al.*, 2019).

Figura 9.6 – Repovoação de linfócitos no beijupirá (*Rachycentron canadum*). No rim anterior (R) são produzidos dois tipos de linfócito, os linfócitos B (●) e os indiferenciados (●). Os linfócitos B vão ao sangue periférico e a diferentes órgãos, como brânquia (BR) e baço (B), e se incorporam ao tecido linfoide associado a mucosas, como no intestino (IN). Os linfócitos indiferenciados vão para o timo (T); no timo, todos expressam o receptor CD3, receptor universal para a população linfoide T (●). Alguns linfócitos expressam receptores CD4, transformando-se em linfócitos T4, o auxiliar (●), que interage com várias células e inicia e ativa o mecanismo de resposta específica, incluindo a memória imunológica. Por último, induz-se a proliferação de linfócitos com receptores CD8, que se expressa nos linfócitos T8, os citotóxicos (●). Posteriormente, os linfócitos tímicos já diferenciados em subpopulações vão ao sangue periférico formando junto aos linfócitos B uma população linfoide mista, e logo quando o timo involui com a maturação sexual fica garantida a continuação da produção de linfócitos tímicos no rim.



Fonte: Fabiane Fürh

A ontogenia do sistema imune do beijupirá é detalhada por KLOSTERHOFF *et al.* (2015). Esse estudo descreve o tempo de aparecimento dos principais órgãos linfoides, do que contribuem para a caracterização do sistema imunológico e estabelecimento da capacidade imunológica dessa espécie. Por meio da análise histológica, verificou-se que o rim foi o primeiro órgão a aparecer. Esse órgão linfo-hematopoiético esteve presente desde o primeiro dia após a eclosão (1^o DAE), tendo o tecido hematopoiético aumentado progressivamente após a eclosão.

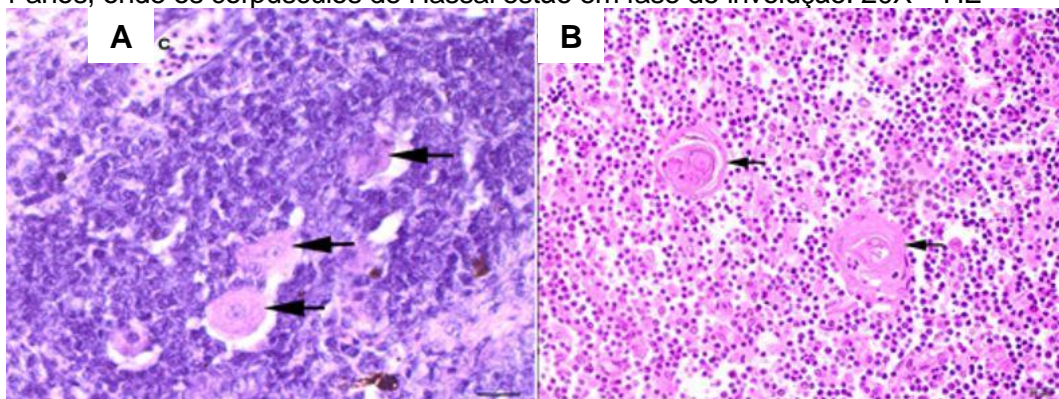
O baço, encontrado na cavidade peritoneal adjacente à parede do intestino e perto do tecido pancreático, teve seu surgimento registrado no 5^o DAE, embora tenha sido encontrado apenas um primórdio desse órgão, com um pequeno número de células esplênicas. A partir do 10^o DAE, verificou-se um aumento no número de células e o surgimento de alguns centros melanomacrofágicos.

O timo é composto por uma massa uniforme de células linfoides, envolto pelo epitélio faríngeo situado na região dorsal de cada cavidade branquial. Sua presença foi evidenciada no 7^o DAE, representada por uma pequena população de linfócitos. Do 15^o DAE em diante, as células linfoides e o epitélio faríngeo se tornaram bastante evidentes.

Estruturas conhecidas como *corpúsculos de Hassall* são encontradas na medula do timo de mamíferos e humanos, sendo formadas por células linfoepiteliais unidas por desmossomos. Essas células, principalmente as mais centrais, podem se degenerar e morrer, deixando restos celulares que podem se calcificar. Até o momento, suas funções são desconhecidas (WATANABE *et al.*, 2005; ROBERTS, 2012). A análise do timo do beijupirá indicou a presença de estruturas semelhantes aos corpúsculos de Hassall (Figura 9.7), o que contraria os autores que relatam não haver estruturas de Hassall no timo de teleósteos (HIBIYA, 1982; GENTEN *et al.*, 2009). Alguns estudos, porém, descreveram estruturas similares ao corpúsculo de Hassall (ELLSAESSER *et al.*, 1988; CHILMONCZYK, 1992; BOWDEN *et al.*, 2005). Em trutas, por exemplo, é possível observar células tímicas com depósito de material hialino eosinófilo – as quais podem ser confundidas com corpúsculo de Hassall –, para isso, porém, é necessário que a estrutura seja estritamente epitelial e com aspecto similar ao de catáfilos de cebola (PALESTRO *et al.*, 1998).

Com a análise da expressão fenotípica dos receptores linfoides CD3 e CD4, através de imuno-histoquímica, foi possível estabelecer a idade em que o sistema imunológico se encontrou desenvolvido e funcional, com a presença da população linfóide mista e memória imunológica. As expressões fenotípicas dos receptores linfocitários CD3 e CD4 exibiram um aumento conforme o avanço na idade das larvas e juvenis do beijupirá.

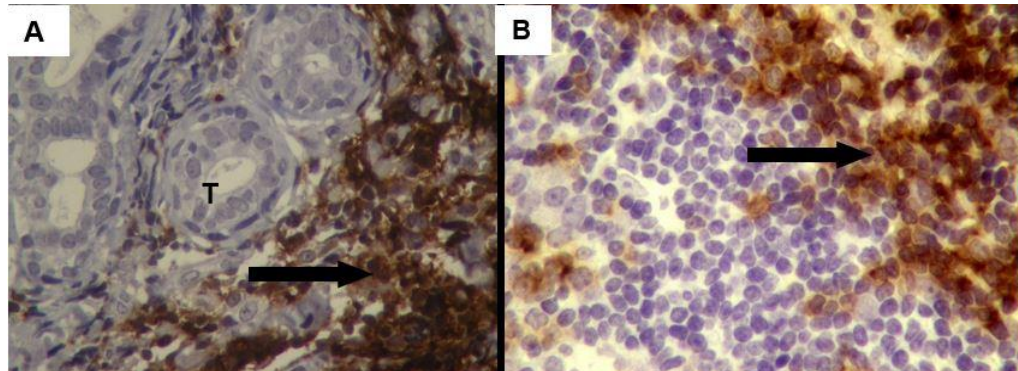
Figura 9.7 – (A): Timo de juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) no 53° DAE, onde se observam abundantes linfócitos, capilares (C) e estruturas semelhantes aos corpúsculos de Hassall (setas). 20X – HE; (B): Timo humano de um indivíduo de 11 anos, onde os corpúsculos de Hassall estão em fase de involução. 20X – HE



Fonte: A: Material do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos – LIPOA/FURG; B: Arquivo pessoal de Luis A. Romano.

A presença da população linfóide geral foi identificada através do anticorpo anti-CD3, verificando a presença de receptores CD3+ no timo. Os primeiros receptores linfocitários CD3 imunomarcados foram registrados no 7° DAE (5,4 ± 0,2 mm) com 27%.mm⁻² de tecido tímico, tendo um maior aumento, atingindo o máximo com 99%.mm⁻² de receptores imunomarcados com anti-CD3 de tecido tímico no 53° DAE (154,0 ± 4,6 mm). A expressão fenotípica dos receptores CD3 no rim foi destacada no 8° DAE (6,5 ± 0,1 mm) com uma expressão de 10%.mm⁻² de tecido renal, progredindo no decorrer dos dias, chegando a marcar 32%.mm⁻² de tecido renal no 53° DAE (Figura 9.8).

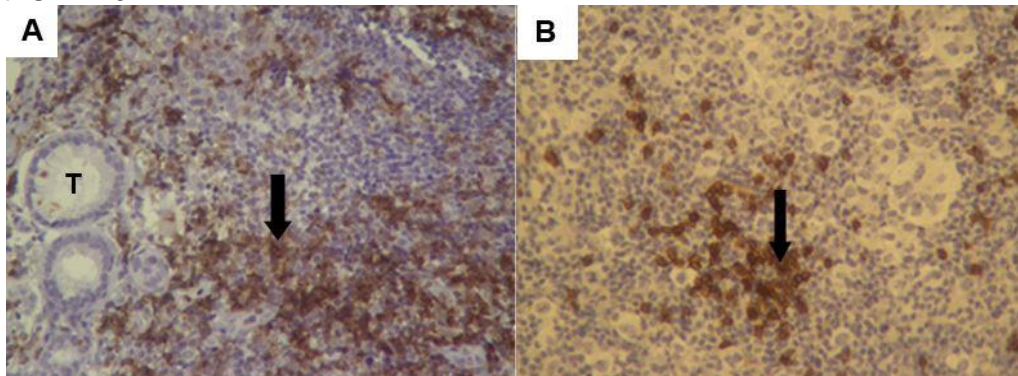
Figura 9.8 – (A): Rim de juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) com alguns linfócitos tímicos CD3 positivos (seta). T: túbulos renais. Anti-CD3 40X. (B): Timo de juvenil de beijupirá com alguns linfócitos positivos para o receptor CD3 (seta). Anti-CD3 40X



Fonte: Material do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos – LIPOA/FURG.

O desenvolvimento da imunidade específica associada à capacidade de memória imunológica, relacionado à presença de linfócito T4 (com receptores CD4+), foi identificado através da expressão fenotípica dos receptores linfocitários CD4. Estes foram encontrados no timo somente a partir do 7° DAE, com 5%.mm⁻² de tecido tímico, representando o surgimento de linfócitos T4. Um aumento gradativo foi observado, tendo alcançado 63%.mm⁻² de linfócitos imunomarcados com anti-CD4 no 53° DAE. No rim, a população de linfócitos T4 foi registrada primeiramente no 13° DAE (12,4 ± 0,7 mm) com 9%.mm⁻², finalizando, no 53° DAE, com 28%.mm⁻² da população linfocitária CD4 do tecido renal, definindo a capacidade de responder a antígenos específicos (Figura 9.9).

Figura 9.9 – (A): Rim de juvenil de beijupirá (*Rachycentron canadum*) com alguns linfócitos tímicos CD4 positivos (seta). T: túbulos renais. Anti-CD4 10X. (B): Timo de juvenil de beijupirá com alguns linfócitos positivos para o receptor CD4 (seta). Anti-CD4 10X



Fonte: Material do Laboratório de Imunologia e Patologia de Organismos Aquáticos – LIPOA, FURG

A ontogênese das larvas e juvenis de beijupirá, descrita por Klosterhoff *et al.* (2015), indica que os primeiros estágios larvais são caracterizados por um rápido desenvolvimento do rim, do timo e do baço e, portanto, da atividade funcional do sistema imunológico. O conhecimento sobre o desenvolvimento ontogênico desses órgãos e a expressão fenotípica dos receptores CD3 e CD4 em linfócitos do beijupirá poderá ser útil, por exemplo, na elaboração de métodos preventivos contra doenças, como o uso de vacinas. Esses resultados também não deixam dúvidas sobre a utilidade da histologia clássica e da imuno-histoquímica na avaliação do desenvolvimento ontogênico do beijupirá. Embora sejam técnicas simples e de fácil acesso, tanto a histologia como a imuno-histoquímica poderão auxiliar na condução de ensaios sobre o sistema imune, visando à melhoria nos sistemas de manejo dessa e de outras espécies e contribuindo com o desenvolvimento de futuros estudos.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A.K; POBER, J.S; LICHTMAN, A.H. **Cellular and molecular immunology**. Philadelphia: W. B. Saunders Company. 2007. 553p.
- AGIUS, C. The role of melano-macrophage center in iron storage in normal and diseased fish. **Journal of Fish Diseases**, v. 2, p. 337-343, 1979.
- AGIUS, C.; AGBEDE, S.A. An electron microscopical study on the genesis of lipofuscin, melanin and haemosiderin in the haemopoietic tissues of fish. **Journal of Fish Biology**, v. 24, p. 471-488, 1983.
- AGIUS, C.; ROBERTS, R. Melano-macrophage centres and their role in fish pathology. **Journal of Fish Diseases**, v. 26, p. 499-509, 2003.
- ALDERMAN, D.J.; HASTINGS, T.S. Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance – potential for consumer health risks. **Journal of Food Science and Technology**, v. 33, p. 139-155, 1998.
- ANDERSON, D.P. Immunological indicator: Effects of environmental stress on immune protection and disease outbreaks. **American Fisheries Society Symposium**, v. 8, p. 38-46, 1990.
- ARYA, P. *et al.* Histological studies on ontogenic development of lymphoid organs in Indian major carp, *Catla catla*. **Journal of Environmental Biology**, v. 40, n. 2, p. 151-157, 2019.
- BABÍN M.C; HERNANDEZ, C.; SÁNCHEZ, J.D. Obtención de anticuerpos monoclonales frente al virus IPN: su utilización para el diagnóstico por medio de la inmunofluorescencia (IF). **Medicina Veterinaria**, v. 8, p. 85-89, 1991.
- BALDO, B.A.; FLETCHER, T.C. C-reactive protein-like precipitins in plaice. **Nature**, v. 246, p. 145-147, 1973.
- BAILLY, Y. *et al.* The vascular and epithelial serotonergic innervation of the actinopterygian gill filament with special reference to the trout, *Salmo gairdneri*. **Cell Tissue Research**, v. 258, p. 349-363, 1989.
- BATISTA, C.R. 2011. **Efeito da superexpressão do hormônio do crescimento (GH) sobre o desenvolvimento do sistema imunológico de zebrafish (*Danio rerio*)**. Monografia (Graduação) – Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, RS.
- BECKMAN, M. Jawless fish have form of adaptive immunity. **Science**, v. 310, p. 1892-1893, 2005.
- BEVAN, M.J. Helping the CD8 (+) T-cell response. **Nature Reviews Immunology**, v. 4, p. 595-602, 2004.
- BOWDEN, T.J.; COOK, O.; ROMBOUT, J.H.W.M. Development and function of the thymus in teleosts. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 19, p. 413-427, 2005.
- CAIN, K.D.; JONES, D.R.; RAISON, R.L. Antibody-antigen kinetics following immunization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a T-cell dependent antigen. **Developmental and Comparative Immunology**, v. 26, p. 181-190, 2002.
- CHILMONCZYK, S. The Thymus in fish: development and possible function in the immune response. **Annual Review of Fish Diseases**, v. 2, p. 181-200, 1992.
- CLEVERS, H. *et al.* The T cell receptor/CD3 complex: a dynamic protein ensemble. **Annual Review of Immunology**, v. 6, p. 629-662, 1988.
- CIOCCA, D.R.; BJERCKE, R.J. Immunohistochemical techniques using monoclonal antibodies. **Methods in Enzymology**, v. 121, p. 562-579, 1986.
- CONRAD, M.; DAVIS, W.; KOOP, B. TCR and CD3 antibody cross-reactivity in 44 species. **Cytometry. Part A**, v. 71, p. 925-933, 2007.
- COOPER, E.L. Comparative immunology. **Integrative and Comparative Biology**, v. 43, p. 278-280, 2003.
- CUNHA, M.C. *et al.* Timing of appearance of lymphoid cells during early development of Senegalese sole, *Solea senegalensis* Kaup. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, p. 436-439, 2008.
- CUSHING, J. Immunology and the processes for evolution. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 1, p. 65-69, 1975.
- DANNEVING, D.H.; LANDSVERK, T. Immune-complex trapping in the splenic ellipsoids of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Cell Tissue Research**, v. 282, p. 41-48, 1995.

- DUNEL-ERB, S.; BAILLY, Y.; LAURENT, P. Neurons controlling the gill vasculature in five species of teleosts. **Cell Tissue Research**, v. 255, p. 67-573, 1989.
- ELLIS, A.E.; MUNROE, A.L.; ROBERTS, R.J. Defense mechanism in fish, a study of the phagocytic system and the fate of intraperitoneally injected particulate material in the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). **Journal of Fish Biology**, v. 8, p. 67-78, 1976.
- ELLSAESSER, C.F.; BLY, J.E.; CLEM, L.W. Phylogeny of lymphocyte heterogeneity. The thymus of the channel catfish. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 12, p. 787-799, 1988.
- FANGE, R.; NILSSON, S. The fish spleen: structure and function. **Experientia**, v. 41, p. 152-158, 1985.
- FENG, Y. *et al.* Evaluation of monoclonal antibody-based direct, rapid immunohistochemical test for rabies diagnosis. **Journal of Virological Methods**, v. 256, p. 12-16, 2018.
- FERGUSON, H.W. **Systemic pathology of fish: A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts**. Ames: Iowa State University Press. 1989. 263p.
- FLETCHER, T.C. *et al.* Characterization of C-reactive protein from the eggs of the marine teleost *Cyclopterus lumpus* L. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 671, p. 44-49, 1981.
- GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. **Atlas of fish histology**. Boca Raton: CRC Press. 2009. 224p.
- HEPPELL, J.; DAVIS, H.L. Application of DNA vaccine technology to aquaculture. **Advanced Drug Delivery Reviews**, v. 43, p. 29-43, 2000.
- HERNANDEZ, M.P.; ZAPATA, A.G. Structure and function of the melano-macrophage centers of the goldfish *Carassius auratus*. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 12, p. 117-126, 1986.
- HIBIYA, T. **An atlas of fish histology. Normal and pathological features**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 147pp. 1982.
- HOLLAND, M.C.; LAMBRIS, J.D. The complement system in teleosts. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 12, p. 399-420, 2002.
- HOLT, G.J.; FAULK, C.K.; SCHWARZ, M.H. A review of the larviculture of cobia *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. **Aquaculture**, v. 268, p. 181-187, 2007.
- KHAN, N.A.; DESCHAUX, P. Role of serotonin in fish immunomodulation. **The Journal of Experimental Biology**, v. 200, p. 1833-1838, 1997.
- KLAUSNER, R.D.; LIPPINCOTT-SCHWARTZ, J.; BONIFACINO, J.S. The T cell antigen receptor: insights into organelle biology. **Annual Review of Cell Biology**, v. 6, p. 403-431, 1990.
- KLOSTERHOFF, M.C.; ROMANO, L.A. Pulse granulomas detected in peritoneum of a wild rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* with acanthocephalan infections. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 32, p. 63-67, 2012.
- KLOSTERHOFF, M.C. *et al.* Ontogenic development of kidney, thymus and spleen and phenotypic expression of CD3 and CD4 receptors on the lymphocytes of cobia (*Rachycentron canadum*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, p. 2111-2121, 2015.
- KODAMA, H. *et al.* Changes of C-reactive protein levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) sera after exposure to anti-ectoparasitic chemicals used in aquaculture. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 16, p. 589-597, 2004.
- LEVRAUD, J.P.; BOUDINOT, P. The immune system of teleost fish. **Médecine/Sciences**, v. 25, p. 405-411, 2009.
- LUCENA, R. **Células neuroectodérmicas en peces teleósteos. Su distribución, estructura y función**. 1990. 275f. Tese (Doutorado). Universidad Nacional de Buenos Aires, Argentina.
- MACCHI, J.G.; ROMANO, L.A.; CHRISTIANSEN, H.E. Melano-macrophage centres as biological indicators of environmental change in whitemouth croaker, *Micropogonias furnieri*. **Journal of Fish Biology**, v. 40, p. 971-973, 1992.
- MAGNADÓTTIR, B. Innate immunity of fish (overview). **Fish & Shellfish Immunology**, v. 20, p. 137-151, 2006.
- MALE, D.K. *et al.* 2006. **Immunology**. Amsterdam: Elsevier Health Sciences. p. 58-69, 552. 2006.
- MAISEY, K.; IMARAI, M. Diversity of teleost leukocyte molecules: Role of alternative splicing. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 31, p. 663-672, 2010.

- MATSUYAMA, T.; IIDA, T. Tilapia mast cell lysates enhance neutrophil adhesion to cultured vascular endothelial cells. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 13, p. 243-250, 2002.
- MARSDEN, M.J. *et al.* A live *Aeromonas salmonicida* vaccine for furunculosis preferentially stimulates T-Cell responses relative to B-Cell responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Infection and Immunity**, v. 64, p. 3863-3869, 1996.
- MARTINS, M.L. *et al.* Haematology and acute inflammatory response of *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submitted to a single and consecutive stress of captura. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2004
- MULERO, I. *et al.* Vaccination of larvae of the bony fish gilthead seabream reveals a lack of correlation between lymphocyte development and adaptive immunocompetence. **Molecular Immunology**, v. 45, p. 2981-2989, 2008.
- NIELSEN, M.E.; ESTEVE-GASSENT, M.D. The eel immune system: present knowledge and the need for research. **Journal of Fish Diseases**, v. 29, p. 65-78, 2006.
- OZÓRIO, R.; AVNIMELECH, Y.; CASTAGNOLLI, N. Sistemas intensivos fechados de produção de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. AQUABIO, Jaboticabal. p. 7-23, 2004.
- PALESTRO, G. *et al.* Role of the perivascular epithelium in the histogenesis of Hassall's corpuscles: A morphologic and immunohistological study. **International Journal of Surgical Pathology**, v. 6, p. 213-221, 1998.
- PARK, I.Y. *et al.* Parasin I, an antimicrobial peptide derived from histone H2A in the catfish, *Parasilurus asotus*. **FEBS Letters**, v. 437, p. 258-262, 1998.
- PATRZYKAT, A. *et al.* Synergy of histone-derived peptides of coho salmon with lysozyme and flounder pleurocidin. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 45, p. 1337-1342, 2001.
- PRESS, C.M.; EVENSEN, O. The morphology of the immune system in teleost fishes. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 9, p. 309-318, 1999.
- POVOA, P. C-reactive protein: a valuable marker of sepsis. **Intensive Care Medicine**, v. 28, p. 235-243, 2002.
- ROBERTS, R.J. **Fish Pathology** (4th Edition). London: Wiley-Blackwell. pp: 167-185, 590pp. 2012.
- ROMANO, L.A. La inmunohistoquímica como herramienta diagnóstica de enfermedades de los peces. **Anales de la Sociedad Científica Argentina**, v. 417, p. 379-386, 2008.
- ROMANO, L.A. El sistema imune inespecífico de los peces. In: SILVA-SOUZA A.T.; PEREZ LIZAMA M.A.; TAKEMOTO, R.M. (Eds.). **Patología e sanidade de organismos aquáticos**. Ed. Massoni, Maringá. 2012. p. 243-274.
- ROMBOUT, J.H. *et al.* Phylogeny and ontogeny of fish leucocytes. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 19, p. 441-455, 2005.
- ROSE, F.R.A.; Rose, J.; Bailey, K.; Keyte, J.W.; Chan, W.C.; Greenwood, D.; Mahida, Y.R. Potential role of epithelial cell-derived histone H1 proteins in innate antimicrobial defense in the human gastrointestinal tract. **Infection and Immunity**, v. 66, p. 3255-3263, 1998.
- RUBIO-GODOY, M. Inmunología de los peces óseos: Revisión. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 1, p. 47-57, 2010.
- SANTOS, L., RAMOS, F. Antimicrobial resistance in aquaculture: Current knowledge and alternatives to tackle the problem. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 52, p. 135-143, 2018.
- SINGH, P.; KRISHNA, A.; SRIDARAN, R. Localization of gonadotrophin-releasing hormone I, bradykinin and their receptors in the ovaries of non-mammalian vertebrates. **Reproduction**, v. 133, p. 969-981, 2007.
- STEINER, L.A.; DANILOVA, N.; WILLET, C.E. The immune system in zebrafish, In: ALT, F.W.; HONJO, T.; NEUBERGER, M.S. (Eds.). **Molecular Biology of B Cells** (3rd edition). Elsevier Academic Press: London. p. 231-245, 2004.
- STOSKOPF, M.K. 1993. Clinical pathology. In: STOSKOPF, M.K. (Ed.). **Fish medicine**. W.B. Saunders Co.: Philadelphia. p. 113-131, 1993.
- TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M.L. An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. **Journal of Parasitic Diseases**, v. 41, n. 4, p. 913-918, 2017.

- TONHEIM, T.C.; BOGWALD, J.; DALMO, R.A. What happens to DNA vaccine in fish? A review of current knowledge. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 25, p. 1-18, 2008.
- TRICHET, V.V. Nutrition and immunity: an update. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 356-372, 2010.
- WATANABE, N. *et al.* Hassall's corpuscles instruct dendritic cells to induce CD4⁺ CD25⁺ regulatory T cells in human thymus. **Nature**, v. 436, p. 1181-1185, 2005.
- YOSHIO, T. *et al.* Antidipsogenic effects of eel bradykinins in the eel *Anguilla japonica*. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 281, p. 1090-1096, 2001.
- ZAPATA, A.; CHIBA, A.; VARAS, A. Cells and tissues of the immune system of fish. In: IWAMA, G.; NAKANISHI, T. (Eds.). **The fish immune system**. London: Academic Press. 1996. p.1-62.
- ZAPATA, A.; Diez, D.; Cejalvo, T.; Gutiérrez-de Frías, C.; Cortés, A. Ontogeny of the immune system of fish. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 20, p. 126-136, 2006.
- ZHU, J.; PAUL, W.E. CD4 T cells: fates, functions, and faults. **Blood**, v. 112, p. 1557-69, 2008.

CAPÍTULO 10

PRINCIPAIS PARASITOSES EM BEIJUPIRÁ

Gabriela Hashimoto
Mônica Yumi Tsuzuki
Cauê Bonucci Moreira
Eduardo Luiz Tavares Gonçalves
Maurício Laterça Martins

Devido ao aumento significativo da criação e da comercialização de peixes, pesquisas relacionadas aos parasitos e outros patógenos recorrentes nesses animais têm ganhado foco nos estudos, principalmente de peixes com potencial de criação e representativo valor comercial (LUQUE, 2004). A proliferação de doenças parasitárias e a falta de métodos adequados para o controle e a prevenção nas criações têm causado grandes perdas econômicas, em virtude de onerosos tratamentos com produtos químicos, culminando em drásticas consequências para o produto final (NOWAK, 2007). Assim como o mercado consumidor, a legislação também exige produtos livres de qualquer tipo de contaminantes, tanto patógenos quanto químicos; com isso, a prática do uso indiscriminado de produtos químicos deve ser evitada.

Em criações intensivas, os animais estão constantemente expostos a inúmeros fatores que acarretam estresse, como alta densidade de estocagem, baixa qualidade de água, variações de temperatura, oscilações na concentração de oxigênio, alimentação incorreta ou deficiente em nutrientes, manejo e transporte inadequados (MARTINS, 2004a). Tais fatores favorecem a quebra no equilíbrio do sistema hospedeiro-parasito-ambiente (MARTINS, 2004b).

Para alcançar sucesso na aquicultura, faz-se necessária a implantação de medidas sanitárias que dependem de três fatores para seu funcionamento. O primeiro deles é a conscientização do produtor ou proprietário de que os aspectos de manejo sanitário devem ser levados em consideração durante todo o processo produtivo. O segundo, a presença de um profissional para orientar o produtor e realizar o correto diagnóstico das enfermidades. E, por fim, a fiscalização governamental das pisciculturas, principalmente no momento do transporte dos peixes.

Devem-se incluir também medidas profiláticas, como a quarentena, a constante verificação da sanidade dos reprodutores, o controle dos parâmetros de qualidade da água e a adequada formulação de ração para diferentes espécies (MARTINS, 2004a).

Como destacado no Capítulo 1 deste volume, o beijupirá (*Rachycentron canadum*) tem despertado grande interesse do setor privado e da comunidade científica em razão de ser uma espécie marinha com várias características positivas, como rápido crescimento, facilidade de desovar em cativeiro, excelente sabor e bom aproveitamento da carcaça. Por outro lado, Guidelli *et al.* (2008) registraram 13 espécies de parasitos em peixes selvagens analisados, demonstrando o potencial da espécie em abrigar agentes etiológicos com potencial patogênico.

Além disso, assim como em outras espécies de peixes, a expansão da produção vem acompanhada por uma crescente incidência de doenças (McLEAN *et al.*, 2008), sendo necessária, portanto, precaução com a ampla gama de parasitos que podem acometer o beijupirá, como helmintos Digenea e Monogenea, cestoides, nematoides, acantocéfalos e crustáceos copépodes (SHAFFER; NAKAMURA, 1989).

PARASITOSE CAUSADA POR MONOGENEA

A classe Monogenea pertence ao filo Platyhelminthes e possui grande variedade de espécies parasitas de peixes, que podem ser encontradas nas brânquias, superfície corporal, nadadeiras e outras partes do peixe (WHITTINGTON, 2004). Em beijupirás criados, a infestação por ectoparasitos Monogenea, especialmente do gênero *Neobenedenia*, é importante causa de mortalidade (LIAO *et al.*, 2004; OGAWA *et al.*, 2006).

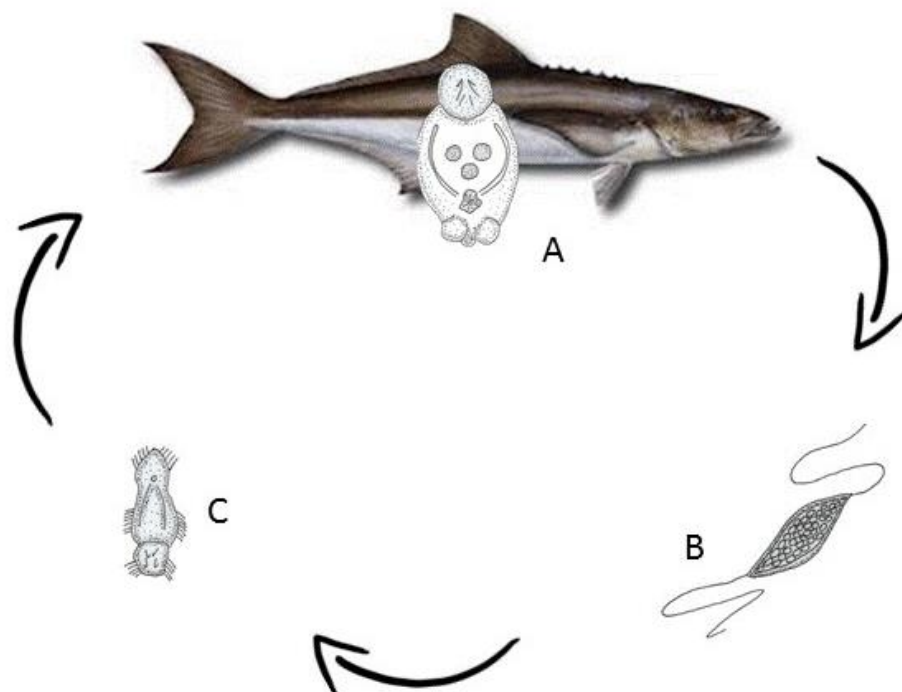
Neobenedenia melleni MacCallum, 1927 (Monogenea: Capsalidae), foi inicialmente descrito como *Epibdella melleni*, sendo o causador da doença que afetou uma variedade de peixes marinhos tropicais do Aquário de Nova York (MUELLER; WATANABE, 1994). Posteriormente, a espécie foi redescrita e denominada *N. melleni* (WHITTINGTON; HORTON, 1996).

São considerados parasitos oportunistas, e surtos de infestação desse patógeno podem ocasionar mortalidades em larga escala, gerando enormes prejuízos nas criações (SANCHES, 2008). Nos beijupirás, esse parasito é comumente encontrado na superfície corporal, na cabeça e em volta da região ocular (KERBER *et al.*, 2011).

Essa espécie foi descrita pela primeira vez acometendo beijupirás no Brasil em 2010 por Kerber *et al.* (2011); os peixes apresentavam falta de apetite, crescimento prejudicado, hemorragias no corpo e opacidade ocular. Os autores afirmaram que a falta de manutenção da limpeza dos tanques-rede favoreceu o acúmulo de *fouling* e, com isso, a maior incidência de danos causados pelo patógeno.

N. melleni é um ectoparasito generalista, descrito em mais de 100 espécies de hospedeiros (WHITTINGTON; HORTON, 1996), que atinge até 4 mm de comprimento (DEVENEY *et al.*, 2001), sendo, portanto, visível a olho nu. Assim como os demais representantes da classe Monogenea, a espécie possui ciclo de vida monoxênico, ou seja, apenas um hospedeiro é necessário para que complete o ciclo (Figura 10.1).

Figura 10.1 – Desenho esquemático do ciclo de vida do Monogenea ovíparo *Neobenedenia melleni*: (A) indivíduo adulto; (B) ovo; e (C) oncomiracídio



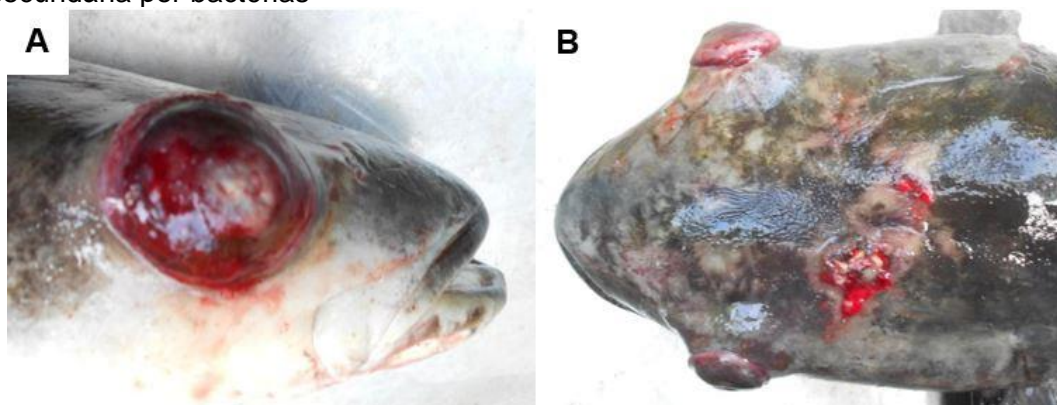
Fonte: Redesenhado e adaptado de Robinson *et al.*, 1989

Os adultos são hermafroditas e produzem ovos em forma de diamante que ficam aderidos a cordas de muco, produzido em excesso pelo peixe, e eclodem na epiderme ou que podem cair e eclodir no substrato (ROBINSON *et al.*, 1989). Em poucos dias,

são liberados oncomiracídeos, os quais se assemelham a protozoários ciliados em tamanho e forma. A vida de natação livre de um oncomiracídio é curta, já que ele rapidamente procura um hospedeiro para se fixar, perde as células ciliadas e se transforma em adulto (ROBINSON *et al.*, 1989).

Esses parasitos se alimentam de muco e células epiteliais do hospedeiro, que passam a raspar a superfície corporal no substrato ou nos tanques-rede, causando danos e culminando em infecções secundárias (KERBER *et al.*, 2011). Ao parasitar a superfície externa dos olhos do hospedeiro, esse patógeno frequentemente pode causar hemorragias, exoftalmia e cegueira (Figura 10.2), deixando o hospedeiro vulnerável e incapaz de se alimentar adequadamente.

Figura 10.2 – Exemplos de beijupirá (*Rachycentron canadum*) coletados em Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, (A) parasitados por *Monogenea* e (B) com infecção secundária por bactérias



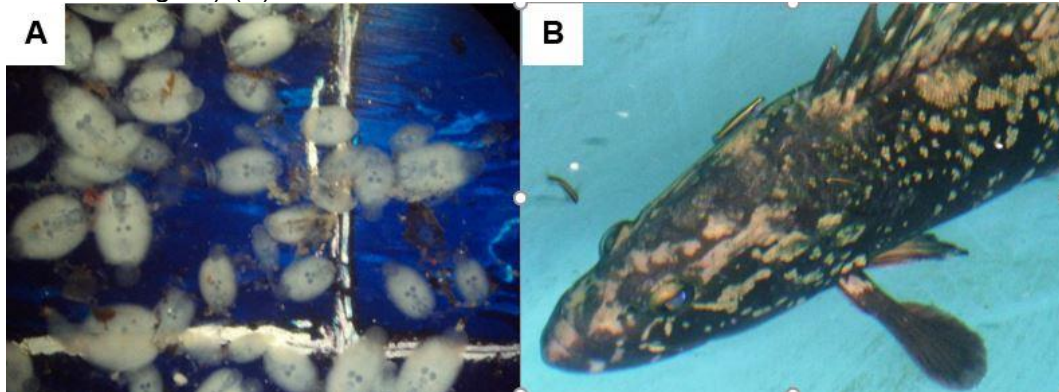
Fonte: Maíra Z. Dorneles

Animais altamente parasitados mostram redução do apetite, letargia, olhos opacos, descoloração e produção excessiva de muco (MUELLER; WATANABE, 1994). A proliferação desses parasitos está associada à alta densidade de estocagem e alta temperatura da água (CHAMBERS; ERNST, 2005).

De acordo com Kaneko *et al.* (1988), *N. melleni* causou grande mortalidade em tilápias (*Oreochromis mossambicus*) cultivadas em tanques-rede em Kaneohe Bay, Havaí, parasitando a superfície corporal e os olhos dos peixes. Segundo Forcella *et al.* (2011), *Neobenedeniagirellae* Hargis, 1955, é também um patógeno importante nas criações de peixes marinhos. Ogawa *et al.* (1995) registraram pela primeira vez a presença de *N. girellae* em beijupirá no Japão. Chambers e Ernst (2005) também relataram infestações por *Benedenia* sp., inferindo que são a maior barreira para a expansão da aquicultura do olho-de-boi ou arabaiana (*Seriola lalandi*).

Peixes limpadores têm sido uma alternativa para controlar ectoparasitos de peixes (GRUTTER *et al.*, 2002). Cowell *et al.* (1993) demonstraram a eficácia de diferentes espécies de peixes limpadores na remoção de *N. melleni* parasitando tilápias criadas em água salgada, e, segundo Benetti *et al.* (2007), o uso do gobídeo *Gobiosoma oceanops* foi benéfico para o beijupirá. Souza *et al.* (2012) verificaram que o neon goby (*Elacatinus figaro*) foi eficiente no controle da parasitose por *N. melleni* na criação de garoupas (*Epinephelus marginatus*), apresentando eficiência de 88,9% (Figura 10.3).

Figura 10.3 – Exemplos de *Neobenedenia melleni* (A) e atividade de limpeza da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) pelo peixe limpador neon goby (*Elacatinus figaro*) (B)



Fonte: Roberto Almeida Rêgo de Souza

As garoupas mantidas sem os limpadores apresentaram exoftalmia e hemorragia corporal. Essa simbiose, quando bem balanceada, é uma alternativa biológica que evita o uso de produtos químicos. Entretanto, no presente momento, é impraticável em níveis comerciais de produção (MUELLER; WATANABE, 1994).

O tratamento mais eficiente, citado por Mueller *et al.* (1992) e Kaneko *et al.* (1988), baseia-se em banhos de água doce para remoção do parasito adulto. Após tratamentos realizados com banhos de água doce, Kerber *et al.* (2011) observaram que os peixes voltaram a se alimentar normalmente em 4 dias e 30 dias após o banho nenhuma sequela foi registrada, apenas um crescimento tardio. Porém, segundo Mueller *et al.* (1992), os ovos de *N. melleni* são resistentes ao meio hipossalino, sendo necessária uma exposição de 72 horas para impedir a eclosão. Além disso, esse manejo pode ser impraticável em criações em grande escala ou em áreas onde o abastecimento de água doce é limitado.

PARASITOSE CAUSADA PELO PROTOZOÁRIO *Amyloodinium ocellatum*

Amyloodinium ocellatum Brown, 1931 (Protozoa: Dinoflagellida), importante patógeno que afeta peixes marinhos (BROWN, 1934; KUPERMAN *et al.*, 2001; NOGA *et al.*, 2001), tem sido relatado em grande variedade de espécies, principalmente em animais estocados em alta densidade (REED; FRANCIS-FLOYD, 1994). Em beijupirás, sua ocorrência tem sido comumente relatada em estágios larvais (LIAO *et al.*, 2004; BENETTI *et al.*, 2008), mas também em indivíduos adultos mantidos em cativeiro (PEREGRINO *et al.*, 2014).

Uma das características desse patógeno é o aspecto aveludado que pode provocar no tegumento do hospedeiro (denominada de *velvet disease*, ou *doença do veludo*) (Mc LEAN *et al.*, 2008). Bastante generalista, pode ter como hospedeiro diversas espécies de peixes, tornando-se grande preocupação para aquários públicos e oceanários, uma vez que possuem diferentes espécies convivendo juntas (FRANCIS-FLOYD; FLOYD, 2011).

Esse dinoflagelado pode ser encontrado nas brânquias ou na superfície corporal do peixe, onde se fixa por meio de estruturas em forma de raiz denominadas *rizocistos*, que penetram profundamente no epitélio do hospedeiro (NIGRELLI, 1936). Como consequência, as brânquias tornam-se pálidas e aparentam sinais de hemorragia, hiperplasia e até necrose (MARTINS *et al.*, 2001). Na superfície corporal, provoca lesões que servem como portas de entrada para infecções secundárias provocadas por bactérias e fungos (CONROY; CONROY, 2008).

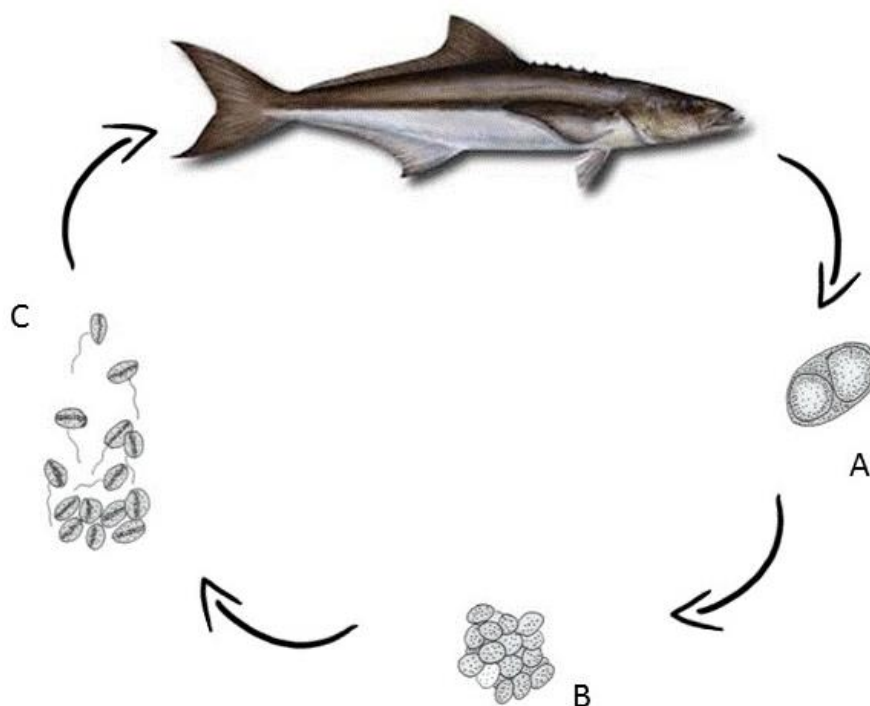
Seu ciclo de vida baseia-se em um único hospedeiro, permitindo sua rápida proliferação. O parasito possui três estágios de desenvolvimento (Figura 10.4): trofante, estágio adulto em que se fixa no peixe; tomonete, estágio encistado que se divide

internamente, podendo produzir mais de 256 dinósporos; e dinósporo, estágio infectante de vida livre em que procura o hospedeiro para completar o ciclo de vida (COBB *et al.* 1998; FRANCIS-FLOYD; FLOYD, 2011).

Altas densidades de estocagem, oscilações de temperatura, baixa qualidade de água e más condições, tanto de manejo sanitário quanto de práticas de prevenção, fazem com que a infestação por parasitos seja facilitada, aumentando a probabilidade de mortalidade.

No Brasil, as principais estratégias adotadas no tratamento de *A. ocellatum* em beijupirás têm sido banhos profiláticos com formalina ou sulfato de cobre, conforme recomendações de Benetti *et al.* (2007, 2008). Segundo Tavechio e Guidelli (Capítulo 11 deste volume), o sulfato de cobre, além do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) mostraram maior eficiência no controle de trofontes de *A. ocellatum* com poucas horas de exposição, porém resultando em maior toxicidade e baixa sobrevivência dos peixes. Extratos vegetais também vem sendo testados (Vide capítulo 11). Entretanto, o combate a esse protozoário é complexo em função de seu ciclo de vida, com múltiplos estágios, e à elevada tolerância a agentes químicos (PAPERNA, 1984).

Figura 10.4 – Desenho esquemático do ciclo de vida de *Amyloodinium ocellatum*: (A) tomonte; (B e C) dinósporos



Fonte: Redesenhado e adaptado de Francis-Floyd; Floyd, 2011

Paperna (1983, 1984) relata que mesmo concentrações de 200 mg.L⁻¹ de formalina foram incapazes de induzir efeitos letais no parasito e que eles são capazes de resistir a salinidades entre 1 e 78 e a variações de temperatura entre 8 e 35°C.

Os agentes químicos que têm se mostrado mais eficazes no tratamento desse patógeno são o sulfato de cobre e o peróxido de hidrogênio, capazes de eliminar dinósporos e trofontes, respectivamente. Montgomery-Brock *et al.* (2001) obtiveram sucesso no tratamento de juvenis de barbudos (*Polydactylus sexfilis*) com 75 mg.L⁻¹ de peróxido de hidrogênio em banhos de 30 min. Paperna (1984) foi capaz de erradicar *A. ocellatum* em uma larvicultura de dourada (*Sparus aurata*) por meio da aplicação de 0,75 mg.L⁻¹ de sulfato de cobre durante duas semanas.

Tratamentos alternativos vêm sendo testados, entre os quais destacam-se o uso de cloroquina (LEWIS *et al.*, 1988) e de peptídeos antimicrobianos (NOGA; FAN;

SILPHADUANG, 2001). Entretanto, o uso desses compostos ainda carece de aprovação legal ou estes não são economicamente viáveis.

É fundamental reforçar que o uso de agentes químicos no tratamento de parasitoses além de oferecer riscos ao meio ambiente, também pode provocar efeitos deletérios à saúde dos hospedeiros, podendo até mesmo culminar na morte dos peixes tratados. Muitas espécies de peixes são sensíveis a níveis elevados de cobre na água (CARDEILHAC; WHITAKER, 1988), e a exposição das brânquias à formalina é capaz de causar lesões (REARDON; HARRELL, 1990).

Além disso, é preciso estar atento ao uso de produtos químicos, que está sujeito a regulamentações legais, e ao fato de que fatores como salinidade e temperatura podem afetar a toxicidade dos agentes químicos (REARDON; HARRELL, 1990), sendo recomendada a presença de um profissional capacitado antes da utilização de qualquer tratamento quimioterápico.

Portanto, o produtor deve priorizar o manejo sanitário, sempre atento ao uso de produtos químicos, que pode trazer consequências ao peixe e ao consumidor. Seguindo tais medidas e fazendo uso de boas práticas de manejo, é possível prevenir tais infestações, garantindo boa produtividade e produto final de qualidade.

OUTRAS PARASITOSSES

Diversos outros parasitos já foram relatados em espécimes de beijupirá ao redor do mundo e, ainda que não tenham sido responsáveis por prejuízos significativos no Brasil, devem receber atenção.

É o caso da doença do “*slime-blotch*”, causada pelo protozoário ciliado *Brooklynella hostilis* Lom e Nigrilli, 1970 (Dysteriida: Hartmannulidae) Esta espécie se reproduz assexuadamente por meio de divisão binária simples, sendo capaz de se multiplicar rapidamente, parasitando as brânquias e a superfície corporal do hospedeiro. Bunkley-Williams e Williams Jr. (2006) relataram esse parasito como provável responsável pela mortalidade de 30 mil juvenis de beijupirá enviados da Flórida para Porto Rico. Os mesmos autores relataram infestações moderadas nas brânquias e no tegumento de beijupirás pelos parasitos *Cryptocaryon irritans* Brown, 1951 (Ciliophora: Ichthyophthiriidae), e *Ichthyobodo* sp. (Kinetoplastida: Bodonidae), conhecidos como “íctio marinho” e “costia marinho”, respectivamente.

O beijupirá apresenta ainda ampla diversidade de parasitos da subclasse Digenea. Ao redor do mundo, já foram relatadas mais de 20 espécies desse patógeno, pertencentes a 18 gêneros distintos, dentre as quais podemos citar *Bucephalus varicus* Manter, 1940, *Stephanostomum dentatum* (Linton, 1900) Manter, 1931, e *Aponurus carangis* Yamaguti, 1952 (McLEAN *et al.*, 2008). Entretanto, esses parasitos costumam ser menos prevalentes em animais mantidos em cativeiro, já que muitas vezes envolvem hospedeiros intermediários que nem sempre estão acessíveis aos peixes confinados. Além destes, foi relatada também a presença de parasitos do filo Acanthocephala (BUNKLEY-WILLIAMS; WILLIAMS Jr., 2006) e das classes Cestoda (Mc LEAN *et al.*, 2008) e Myxosporea (CHEN *et al.*, 2011), sendo este último responsável por até 90% de mortalidade.

Em Taiwan foi registrado o primeiro caso de infestação por *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809 det. Krabbe, 1878) (Nematoda: Anisakidae) em *R. canadum*. Este nematoide, responsável pela zoonose anisakiase e também por reações alérgicas, foi encontrado no estágio larval 3 e estava situado na cavidade visceral, porém nenhum parasito foi encontrado na musculatura (SHIH *et al.*, 2010).

Um relato importante no Brasil foi o realizado por Silva *et al.* (2012), que registraram pela primeira vez a ocorrência do copépode parasito *Tuxophorus caligodes* Wilson, 1908 (Siphonostomatoida: Tuxophoridae) em beijupirá.

RELATO DE CASO: INFESTAÇÃO PARASITÁRIA EM BEIJUPIRÁS CRIADOS NO RIO DE JANEIRO

A fim de diagnosticar a causa de mortalidade na Baía de Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ, realizou-se um estudo (MOREIRA *et al.*, 2013) durante as atividades diárias nas gaiolas (12 m³), povoadas com 2.500 peixes na densidade de 0,4 kg.m⁻³. Foram realizadas, no período de outono (maio) e inverno (setembro) de 2011, duas coletas de 5 e 10 peixes com peso médio e comprimento total médio de 15 ± 7,3 g; 16 ± 2,3 cm; 43 ± 5,6 g; e 22 ± 2,5 cm, respectivamente.

Os animais foram capturados aleatoriamente, anestesiados com eugenol (75 mg.L⁻¹, e tiveram muco e brânquias coletados e fixados em formalina 5% para análise parasitológica. Foram aferidas as variáveis de qualidade da água (Tabela 10.1), e, após análise, foram calculados os índices parasitológicos (Tabela 10.2).

Tabela 10.1 – Médias (± DP) de temperatura (°C), pH, oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹) e salinidade nas coletas de outono e inverno.

	Temperatura	pH	Oxigênio	Salinidade
Outono	24,0 (± 0,8)	7,9 (± 0,3)	6,0 (± 0,7)	30,0 (± 1,2)
Inverno	20,8 (± 1,1)	7,9 (± 0,4)	6,8 (± 0,7)	30,0 (± 0,9)

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Tabela 10.2 – Média (± DP) da intensidade média (IM: número total de parasitos/número de hospedeiros parasitados) e abundância média (AM: número total de parasitos/número de hospedeiros examinados) de beijupirá (*Rachycentron canadum*) parasitado por *Neobenedenia melleni* e *Amyloodinium ocellatum* nas coletas de outono e inverno.

	<i>Neobenedenia melleni</i>			<i>Amyloodinium ocellatum</i>	
	Prevalência (%)	IM	AM	Prevalência (%)	IM
Outono	100	42,0 (± 8,7)	42,0 (± 8,7)	-	-
Inverno	60	3,0 (± 2,2)	1,8 (± 0,4)	100	46,8 (± 34,2)

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

No primeiro registro da espécie no Brasil, Kerber *et al.* (2011) observaram 31 parasitos por peixe, corroborando os dados obtidos neste relato (Tabela 10.2) e apresentando intensidade de parasitismo capaz de causar grandes danos, conforme observado por Moreira *et al.* (2013). Além disso, a intensidade de *N. melleni* nas duas coletas é considerada elevada e prejudicial a peixes mantidos em cativeiro (JITHENDRAN *et al.*, 2005).

A alta intensidade de parasitismo (Tabela 10.2), somada ao comportamento de boquejamento em busca de melhor oxigenação, sugere comprometimento das trocas gasosas em função da alta infestação por *A. ocellatum* nas brânquias.

Quinze dias após a segunda coleta, 2.500 juvenis morreram, possivelmente em função da redução na resistência dos peixes após infestação por *N. melleni*, juntamente com a dificuldade respiratória causada pelo surto de *A. ocellatum* nas brânquias. Banhos de água doce de 5 min com intervalo de 96 h entre cada um foram realizados rotineiramente à medida que sinais clínicos, como natação errática e boquejamento na superfície da água, eram detectados.

REFERÊNCIAS

- BENETTI, D.D. *et al.* Aquaculture of cobia (*Rachycentron canadum*) in the Americas and the Caribbean. In: LIAO, I.C; LEAÑO, E.M. (Eds.), **Cobia Aquaculture: Research, Development, and Commercial Production**. Asian Fisheries Society: Taipei. 2007, p. 57-77.
- BENETTI, D.D. *et al.* Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701-711, 2008.
- BROWN, E.M. On *Oodinium ocellatum* Brown, a parasitic dinoflagellate causing epidemic disease in marine fish. **Proceedings of the Zoological Society of London**, v. 104, p. 583-607, 1934.

- BUNKLEY-WILLIAMS, L.; WILLIAMS JR., E.H. New records of parasites for culture Cobia, *Rachycentron canadum* (Perciformes: Rachycentridae) in Puerto Rico. **Revista de Biologia Tropical**, v. 54, p. 1-7, 2006.
- CARDEILHAC, P.T.; WHITAKER, B.R. Copper treatments: uses and precautions. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 18, p. 435-448, 1988.
- CHAMBERS, C.B.; ERNST, I. Dispersal of the skin fluke *Benedenia seriola* (Monogenea: Capsalidae) by tidal currents and implications for sea-cage farming of *Seriola* sp. **Aquaculture**, v. 250, p. 60-69, 2005.
- CHEN, S.C. *et al.* Mass mortality associated with a *Sphaerospora*-like myxosporidean infestation in juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (L.), marine cage cultured in Taiwan. **Journal of Fish Diseases**, v. 24, p. 189-195, 2001.
- COBB, C.S.; LEVY, M.G.; NOGA, E.J. Development of immunity by the Tomato Clownfish *Amphiprion frenatus* to the dinoflagellate parasite *Amyloodinium ocellatum*. **Journal of Aquatic Animal Health**, v. 10, p. 259-263, 1998.
- CONROY, G.; CONROY, D.A. Oodiniasis in farmed tilapias. **Aquaculture Health International**, v. 12, p. 20-21, 2008.
- COWELL, L.E. *et al.* Use of tropical cleaner fish to control the ectoparasite *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) on seawater-cultured Florida red tilapia. **Aquaculture**, v. 113, p. 189-200, 1993.
- DEVENEY, M.R. *et al.* First published record of the pathogenic monogenean parasite *Neobenedenia melleni* (Capsalidae) from Australia. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 46, p. 79-82, 2001.
- FORCELLA, M. *et al.* Importance of nitric oxide synthase in the anchoring structures of *Neobenedenia girallae* – an important fish parasite. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 39, p. 841-845, 2011.
- FRANCIS-FLOYD, R.; FLOYD, M.R. ***Amyloodinium ocellatum*, an important parasite of cultured marine fish**. Southern Regional Aquaculture Center, No. 4705. 2011. 11pp.
- GRUTTER, A.S. *et al.* The effect of the cleaner fish *Labroides dimidiatus* on the capsalid monogenean *Benedenia lolo* parasite of the labrid fish *Hemigymnus melapterus*. **Journal of Fish Biology**, v. 61, p. 1098-1108, 2002.
- GUIDELLI, G.M. *et al.* Parasitas de beijupirá, *Rachycentron canadum* (Perciformes, Rachycentridae) do litoral do estado da Bahia. In **X Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos**. ABRAPOA: Búzios. 2008.
- JITHENDRAN, K.P. *et al.* *Benedenia epinepheli* (Yamaguti, 1937), a monogenean parasite in captive broodstock of grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) (Forsk.). **Asian Fisheries Science**, v. 18, p. 121-126, 2005.
- KANEKO, J.J. *et al.* Infection of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Trewavas) by a marine monogenean, *Neobenedenia melleni* (MacCallum, 1927) Yamaguti, 1963 in Kaneohe Bay, Hawaii, USA, and its treatment. **Journal of Fish Diseases**, v. 11, p. 295-300, 1988.
- KERBER, C.E. *et al.* First record of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in sea-farmed cobia (*Rachycentron canadum*) in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, p. 331-333, 2011.
- KUPERMAN, B.I.; MATEY, V.E.; HURLBERT, S.H. Parasites of fish from the Salton Sea, California, U.S.A. **Hydrobiologia**, v. 5, p. 195-208, 2001.
- LEWIS, D.H. *et al.* Preliminary studies on the use of chloroquine as a systemic chemotherapeutic agent for amyloodinosis in red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Contributions in Marine Science**, v. 30, p. 183-189, 1988.
- LIAO, I.C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LUQUE, J.L. Biologia, epidemiologia e controle de parasitos de peixes. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 13, p. 161-164, 2004.
- MARTINS, M.L. *et al.* *Piscinoodinium pillulare* (Schäperclaus 1954) Lom, 1981 (Dinoflagellida) infection in cultivated freshwater fish from Northeast region of São Paulo State, Brazil. Parasitological and pathological aspects. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, p. 639-644, 2001.

- MARTINS, M.L. Cuidados básicos e alternativas no tratamento de enfermidades na aquicultura brasileira. In RANZANI PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de L.A.P. (Eds.). **Sanidade de Organismos Aquáticos**. Varela: São Paulo. 2004a. p. 357-370.
- MARTINS, M.L. Manejo sanitário na piscicultura. In RANZANI PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M. de L.A.P. (Eds.). **Sanidade de Organismos Aquáticos**. Varela: São Paulo. 2004b. p. 323-332.
- McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S.R. Parasites, diseases and deformities of cobia. **Ribarstvo**, v. 66, p. 1-16, 2008.
- MONTGOMERY-BROCK, D. *et al.* The application of hydrogen peroxide as a treatment for the ectoparasite *Amyloodinium ocellatum* (Brown 1931) on the Pacific threadfin *Polydactylus sexfilis*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 32, p. 250-254, 2001.
- MOREIRA, C.B. *et al.* Outbreak of mortality among cage-reared cobia (*Rachycentron canadum*) associated with parasitism. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 22, p. 1-4, 2013.
- MUELLER, K.W.; WATANABE, W.O. Occurrence and control of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in cultured tropical marine fish, including three new host records. **Progressive Fish Culturist**, v. 56, p. 140-142, 1994.
- MUELLER, K.W.; WATANABE, W.O.; HEAD, W.D. Effect of salinity on hatching in *Neobenedenia melleni*, a monogenean ectoparasite of seawater-cultured tilapia. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 23, p. 199-204, 1992.
- NIGRELLI, R.F. The morphology, cytology and life-history of *Oodinium ocellatum* Brown, a dinoflagellate parasite on marine fishes. **Zoologica**, v. 21, p. 129-164, 1936.
- NOGA, E. J.; FAN, Z.; SILPHADUANG, U. Histone-like proteins from fish are lethal to the parasitic dinoflagellate *Amyloodinium ocellatum*. **Parasitology**, v. 123, p. 57-65, 2001.
- NOWAK, B.F. Parasitic diseases in marine cage culture – an example of experimental evolution of parasites? **International Journal for Parasitology**, v. 37, p. 581-588, 2007.
- OGAWA, K. *et al.* *Neobenedenia girellae* (Hargis, 1955) Yamaguti, 1963 (Monogenea: Capsalidae) from cultured marine fishes of Japan. **The Journal of Parasitology**, v. 81, p. 223-227, 1995.
- OGAWA, K. *et al.* *Neobenedenia girellae* (Monogenea) infection of cultured cobia *Rachycentron canadum* in Taiwan. **Fish Pathology**, v. 41, p. 51-56, 2006.
- PAPERNA, I. Review of diseases of cultured warm-water marine fish. **Rapports et Proces-Verbaux des Reunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer**, v. 182, p. 44-48, 1983.
- PAPERNA, I. Chemical control of *Amyloodinium ocellatum* (Brown 1931) (Dinoflagellida) infections: *in vitro* tests and treatment trials with infected fishes. **Aquaculture**, v. 38, p. 1-18, 1984.
- PEREGRINO, R.B. *et al.* Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 681-687, 2014.
- REARDON, I.S.; HARRELL, R.M. Acute toxicity of formalin and copper sulfate to striped bass fingerlings held in varying salinities. **Aquaculture**, v. 87, p. 255-270, 1990.
- REED, P.; FRANCIS-FLOYD, R. ***Amyloodinium* infections of marine fish**. Florida: University of Florida. Florida Cooperative Extension Service. *Fact Sheet* VM-90 1-3, 1994.
- ROBINSON, R.D. *et al.* Infection of red hybrid tilapia with a monogenean in coastal waters off southern Jamaica. In Proceedings of the 42nd Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Ocho Rios. 1989, Jamaica. **Proceedings**....., pp. 441-447.
- SANCHES, E.G. Control of *Neobenedenia melleni* (MacCallum, 1927) (Monogenea: Capsalidae) in dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), reared in floating net cages. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, p. 145-149, 2008.
- SHAFFER, R.V., NAKAMURA, E.L. **Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae)**. U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., USA. 1989. 20pp.
- SHIH, H.H.; KU, C.C.; WANG, C.S. *Anisakis simplex* (Nematoda: Anisakidae) third-stage larval infections of marine cage cultured cobia, *Rachycentron canadum* L. in Taiwan. **Veterinary Parasitology**, v. 171, p. 277-285, 2010.

SILVA, A.C. *et al.* First record of *Tuxophorus caligodes* (Siphonostomatoida, Tuxophoridae) in sea-farmed cobia, *Rachycentron canadum*, in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 21, p. 1-3, 2012.

SOUZA, *et al.* Can barber goby *Elacatinus figaro* control *Neobenedenia melleni* infections on dusky grouper *Epinephelus marginatus*? **Aquaculture Research**, v. 45, p. 619-628, 2014.

WHITTINGTON, I.D. The Capsalidae (Monogenea: Monopisthocotylea): a review of diversity, classification and phylogeny with a note about species complexes. **Folia Parasitologica**, v. 51, p. 109-122, 2004.

WHITTINGTON, I.D.; HORTON, M.A. A revision of *Neobenedenia* Yamaguti, 1963 (Monogenea: Capsalidae) including a redescription of *N. melleni* (MacCallun, 1927) Yamaguti, 1963. **Journal of Natural History**, v. 30, p. 1113-1156, 1996.

CAPÍTULO 11

CONTROLE DE PARASITOSE EM ALEVINOS DE BEIJUPIRÁ

Washington Luiz Gomes Tavechio
Gislaine Guidelli

A intensificação nos sistemas de produção de organismos aquáticos tem revelado obstáculos que afetam diretamente a produtividade e o crescimento da atividade, sendo os problemas sanitários um dos principais entraves. As enfermidades em piscicultura são, em geral, de difícil controle ou tratamento, sendo a prevenção o melhor caminho (MARTINS, 2004a; SCHALCH *et al.*, 2009). Entretanto, mesmo com o manejo correto é bastante difícil manter os ambientes de criação totalmente livres de formas infectantes ou latentes dos diversos patógenos. Parasitas muito comuns em piscicultura marinha, por exemplo, podem ser transmitidos facilmente via aerossol (ROBERTS-THOMSON *et al.*, 2006). É tranquilizador o fato de que, quando um agente patogênico se estabelece, pode ser possível manter os seus níveis em valores que permitam o crescimento e a sobrevivência da maior parte do plantel. Não obstante, segundo Luvizotto-Santos *et al.* (2009), em muitos casos há falta de critérios na escolha das formulações a serem usadas para a profilaxia e para o tratamento dos peixes. Isso decorre de informações insuficientes sobre produtos para uso em aquicultura e o seu efeito sobre a espécie que se deseja tratar.

A criação de espécies marinhas, apesar de ser uma atividade secular, ainda se encontra em desenvolvimento no Brasil. Felizmente, o interesse pelo desenvolvimento de pacotes tecnológicos para essas espécies tem crescido nos últimos anos. Estes vêm sendo desenvolvidos por universidades e institutos de pesquisa em diferentes estados brasileiros, apoiados pela iniciativa privada e por órgãos governamentais. Ainda assim, há muito o que desenvolver, pois, para cada espécie com potencial para a criação, há todo um conjunto de informações estratégicas a ser investigado, principalmente no que diz respeito à sanidade. Isto acontece, por exemplo, para o beijupirá (*Rachycentron canadum*), que apresenta qualidades, e sua criação deverá se firmar no Brasil nos próximos anos, auxiliada pelo número crescente de informações sobre a espécie e os parâmetros zootécnicos e pelo desenvolvimento ou adaptação de tecnologias.

Em cativeiro, os beijupirás são vulneráveis a doenças causadas por vírus e bactérias (pasteureloses, vibrioses e estreptococoses) e a infecções parasitárias por mixosporídios, cilióforos, flagelados, helmintos e crustáceos (CHEN *et al.*, 2001; McLEAN *et al.*, 2008; capítulos 8 e 10 deste volume). Em Taiwan, um dos principais agentes causadores de mortalidade dessa espécie na fase de engorda é o copépode *Caligus* sp., além do monogenético *Neobenedenia girellae*, causando sintomatologia grave e mortalidade em massa. Ambos têm ocorrência registrada no Brasil (LUQUE; TAVARES, 2007; CARVALHO; LUQUE, 2009; KERBER *et al.*, 2011).

Beijupirás selvagens abrigam uma rica fauna de parasitas, muitos deles com potencial patogênico. McLean *et al.* (2008), em uma revisão sobre parasitas, doenças e deformidades em beijupirás, relataram mais de 60 espécies de parasitas, entre protozoários e metazoários.

Para enfrentar os diversos problemas causados pelas parasitoses, são empregados tratamentos terapêuticos nas diferentes fases da produção, tais como banhos por imersão com produtos químicos e plantas medicinais, vacinação com antibióticos, alimentação com probióticos e imunostimulantes (TAVECHIO *et al.*, 2009). Diversos químicos com aplicação rotineira na piscicultura, como, por exemplo, cloreto

de sódio, formalina, sulfato de cobre e peróxido de hidrogênio, são bastante testados e sua eficácia é reconhecida na profilaxia e no tratamento contra várias doenças em diferentes espécies de peixes (RAMOS; OLIVEIRA, 2001; KLEIN *et al.*, 2004; ANDRADE *et al.*, 2005; MAXIMIANO *et al.*, 2005; SENG *et al.*, 2006a, b; SANCHES *et al.*, 2007; SANCHES, 2008; YANONG, 2008; ATHANASSOPOULOU *et al.*, 2009; DARWISH *et al.*, 2009; FLORENT *et al.*, 2009; HEINECKE; BUCHMANN, 2009; SCHALCH *et al.*, 2009). No entanto, pouco se conhece sobre o efeito tóxico das principais substâncias químicas usadas em piscicultura sobre o beijupirá. Também existem poucas informações publicadas sobre o efeito desses produtos sobre os parasitas quando infestando/infectando beijupirás. Alguns produtos químicos que tiveram a toxicidade aguda testada para ovos, larvas e juvenis de beijupirá foram o cobre, o zinco e o cianeto (DUNG *et al.*, 2005).

Outro caminho promissor para minimizar os problemas de ordem sanitária nas produções aquícolas é o uso de fitoterapia ou de extratos de plantas medicinais para a profilaxia e o controle (MARTINS *et al.*, 2002; MARTINS, 2004b). Essa abordagem é considerada promissora, pois as plantas são de fácil obtenção, os extratos são preparados facilmente e, geralmente, têm baixa toxicidade aos espécimes e ao ambiente quando comparados aos antibióticos e outros quimioterápicos. Estes últimos, em geral, possuem efeitos altamente tóxicos e acumulativos nos animais (MAGALHÃES; FERRÃO-FILHO, 2008; TREVIS *et al.*, 2010). Os antibióticos podem gerar cepas resistentes, funcionando como potencializadores da virulência das cepas originais (ALDERMAN; HASTINGS, 2003; DOPAZO *et al.*, 2008; PULKKINEN *et al.*, 2010; YU *et al.*, 2012).

As plantas medicinais possuem efeitos antimicrobianos, antiparasitários e imunoestimulantes da resposta específica e não específica de peixes (DIAB *et al.*, 2008; CLAUDIANO *et al.*, 2009; HARIKRISHNAN *et al.*, 2011a; PANDEV *et al.*, 2012; RINGO *et al.*, 2012; CUNHA *et al.*, 2018). Prieto *et al.* (2005) consideram a fitoterapia um meio sustentável por gerar danos mínimos ao ambiente. Os princípios ativos das plantas são substâncias bioativas, como alcaloides, taninos, flavonoides, cumarinas, quinonas, terpenoides, melicianinas, limonoides e lignanas. O conteúdo dessas substâncias depende de fatores específicos, como condições climáticas, características do solo, idade da planta, época da colheita e método de extração do princípio (PRIETO *et al.*, 2005; ULRICH-MERZENICH *et al.*, 2007; NYA; AUSTIN, 2009; HARIKRISHNAN *et al.*, 2011b; ADEBIYI *et al.*, 2012).

Para a aplicação e o registro de qualquer desses produtos, sejam eles sintéticos ou naturais, informações sobre a toxicidade – com indicativo do limite dos níveis de uso e do aparecimento de sintomas tóxicos por métodos cientificamente reconhecidos – devem ser fornecidas (MAXIMIANO *et al.*, 2005). Nesse sentido, as avaliações toxicológicas e/ou ecotoxicológicas prévias aos testes ou uso desses produtos são indispensáveis para se verificar a bioatividade para diferentes organismos. As informações contidas neste capítulo vêm ao encontro dessas necessidades, buscando-se testar a toxicidade de químicos e fitoterápicos ao beijupirá na fase de alevino, fornecendo também informações sobre o potencial do uso desses produtos no controle de uma das doenças que mais acometem os beijupirás criados.

UMA EXPERIÊNCIA NO CONTROLE DE PARASITOSE EM ALEVINOS DE BEIJUPIRÁ

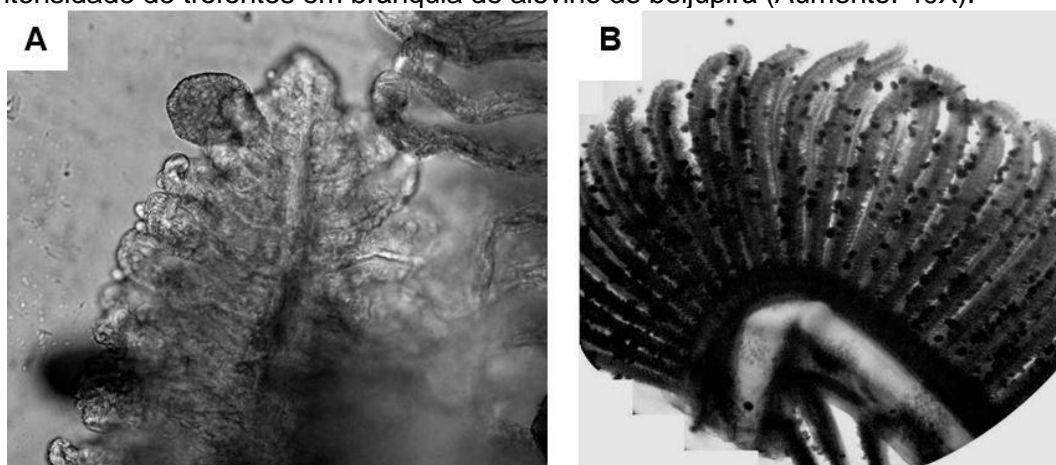
Dentre os parasitas que o beijupirá pode abrigar, merece especial atenção o dinoflagelado *Amyloodinium ocellatum* (Figura 11.1), devido aos problemas de mortalidade que causa nas criações. Esse organismo é um protozoário dinoflagelado, agente etiológico da chamada doença do veludo, ou “*marine velvet disease*”. A doença acomete principalmente pele e brânquias e recebe esse nome porque, quando a parasitose evolui, ocorrem alterações na pigmentação da pele, surgindo manchas de despigmentação ou hiperpigmentação, que a cobrem, criando uma camada aveludada.

Esse dinoflagelado é cosmopolita e sem especificidade parasitária, infectando diversas espécies de peixes (RAMOS; OLIVEIRA, 2001; BENETTI *et al.*, 2010).

Seu desenvolvimento até a fase parasita, denominada trofante, é rápido. Em criações de beijupirá no Brasil, afeta indivíduos nas diferentes fases do ciclo de vida, inclusive os reprodutores (PEREGRINO *et al.*, 2014).

Devido ao sucesso no tratamento de amilodinirose em diferentes espécies usando químicos, bem como às expectativas promissoras do uso de plantas medicinais na piscicultura marinha, optou-se por realizar uma pesquisa com esses produtos sobre os alevinos de beijupirá. Foram testados os compostos químicos sulfato de cobre (Cu_2SO_4) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e extratos de amendoeira (*Terminalia catappa*) e nim (*Azadirachta indica*).

Figura 11.1 – (A) Trofontes do dinoflagelado *Amyloodinium ocellatum* em filamento branquial de alevino de beijupirá (*Rachycentron canadum*) (Aumento: 400X); (B) alta intensidade de trofontes em brânquia de alevino de beijupirá (Aumento: 40X).



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Um total de 1.300 alevinos de beijupirá adquiridos da empresa Bahia Pesca S.A. foi transportado em caixas com aeração até o laboratório. Os peixes foram estocados e aclimatados em caixas de 1.500 e 5.000 l com aeradores e alimentados com ração comercial duas vezes por dia até a realização dos experimentos. Os tanques foram limpos diariamente; e a água, renovada parcialmente.

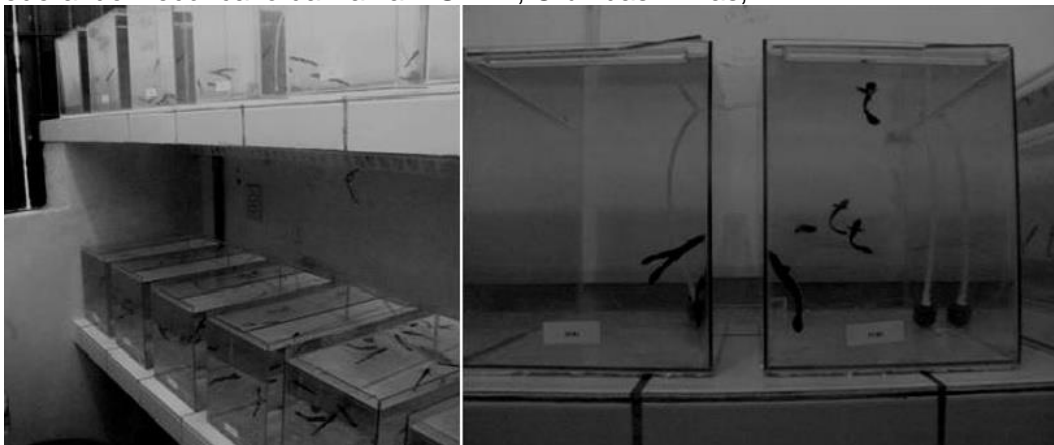
Nas primeiras 72 h após o transporte, houve a morte de 400 alevinos. Nesse período, os animais foram submetidos a avaliações parasitológicas que detectaram apenas o dinoflagelado *A. ocellatum*, sendo observadas as fases trofante (Figura 11.1A) e dinósporo (fase infectante) em baixas intensidades na pele e nas brânquias. Posteriormente, foram observados inúmeros tomontes (fase encistada, proliferativa) de forma arredondada em estágios de bipartição, tetrapartição e multiplicações sucessivas. Guerra-Santos *et al.* (2012) também registraram apenas *A. ocellatum* em beijupirás criados, com prevalência de 100% nas brânquias e 80% no muco e intensidade média de 750 trofontes por animal.

Para a obtenção dos extratos das plantas, folhas maduras de amendoeira e de nim foram coletadas no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas, BA. As folhas foram higienizadas com solução de hipoclorito de sódio 5% e lavadas com água corrente. Em seguida, foram secas a 50°C em estufa com recirculação de ar forçada durante 24 h e submersas em água durante 72 h, para a amendoeira, e 24 h, para o nim. Após o período de extração aquosa, todos os resíduos das folhas foram retirados.

Após 72 h de quarentena, os lotes de peixes foram separados e os ensaios de toxicidade aguda foram imediatamente iniciados. Para isso, foram usados alevinos com peso médio (\pm DP) de 1,2 g (\pm 0,23) e comprimento total de 7,9 cm (\pm 0,79). Os animais foram transferidos para aquários de 20 L contendo os compostos químicos e vegetais, mantidos em sistema estático, sem troca de água, e com aeração leve e constante

durante um período de exposição de 96 h (Figura 11.2). Vinte e quatro horas antes do início dos experimentos, a alimentação foi interrompida e, durante os ensaios de exposição, os peixes não receberam alimento. A qualidade da água (oxigênio dissolvido, pH, temperatura, salinidade, condutividade elétrica e concentração de amônia total) foi monitorada antes e durante os ensaios com os extratos das plantas e produtos químicos, tendo permanecido dentro dos limites considerados aceitáveis para a espécie.

Figura 11.2 – Ambiente experimental no Laboratório Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas, BA.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Na definição das concentrações a serem testadas, foram tomados por base os intervalos de confiança previamente determinados e onde ocorreram 100% e 0% de mortalidade.

As concentrações testadas foram:

- 1.200, 900, 700, 600 e 0 mg de amendoeira.L⁻¹.
- 200, 150, 100, 50 e 0 mg de nim.L⁻¹.
- 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; e 0 mg de peróxido de hidrogênio.L⁻¹.
- 10; 5; 1; 0,5; e 0 mg de sulfato de cobre.L⁻¹.

Durante a introdução dos extratos aquosos das duas plantas nos aquários experimentais, notou-se uma queda abrupta nas concentrações de oxigênio, normalizadas após fornecimento de oxigênio dissolvido à solução.

Nas primeiras horas de exposição, foram observados um aumento aparente nos batimentos operculares, respiração próxima à superfície, aglomeração dos peixes junto às pedras porosas de aeração e natação errática próximo às paredes do aquário. Comportamento similar foi observado por Ramos e Oliveira (2001) ao tratar exemplares do linguado (*Psetta maxima*) infectados com *A. ocellatum*.

Os resultados das análises da concentração letal média após 96 h de exposição (CL₅₀-96h) e intervalo de confiança, obtidos por meio do programa Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON *et al.*, 1977), estão apresentados na Tabela 11.1.

Tabela 11.1 – Concentração letal média, após 96 h de exposição (CL₅₀-96h; mg.L⁻¹) e intervalo de confiança de 95%, para alevinos de beijupirá (*Rachycentron canadum*) aos extratos aquosos de amendoeira (*Terminalia catappa*) e nim (*Azadirachta indica*), e ao peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e sulfato de cobre (Cu₂SO₄).

	CL ₅₀ -96h	Limite Inferior	Limite Superior
Amendoeira	667,3	615,61	724,06
Nim	110,6	76,06	161,03
H ₂ O ₂	0,13	0,12	0,15
Cu ₂ SO ₄	1,2	0,53	2,71

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

De acordo com as classes de toxicidade aguda para organismos aquáticos propostas por Zucker (1985), a amendoeira foi considerada praticamente não tóxica aos alevinos, enquanto o nim, ligeiramente tóxico. O sulfato de cobre foi considerado moderadamente tóxico e o peróxido de hidrogênio, altamente tóxico. Os resultados mostram que os produtos químicos são tóxicos para os alevinos de beijupirá a concentrações bastante baixas e bastante inferiores àquelas dos extratos aquosos das plantas medicinais estudadas (Tabela 11.2). Por outro lado, Dung *et al.* (2005) avaliaram a toxicidade aguda do cobre para o beijupirá e encontraram uma concentração letal média menor que 0,1 mg.L⁻¹, que foi considerada, portanto, como sendo extremamente tóxica.

Quando adicionado à água, o peróxido de hidrogênio decompõe-se em oxigênio e água (YANONG, 2008). A formação desses subprodutos é uma razão para que o peróxido de hidrogênio seja considerado relativamente seguro para o ambiente. A natureza altamente reativa do peróxido de hidrogênio, semelhante em alguns aspectos ao permanganato de potássio, torna-o ideal para uso contra numerosas doenças externas de peixes, mas com preocupações semelhantes em relação à toxicidade.

Tabela 11.2 – Classes de toxicidade aguda dos compostos e soluções aquosas testados para o beijupirá (*Rachycentron canadum*), de acordo com classificação proposta por Zucker (1985).

Classe de toxicidade	CL _{50-96h} (mg.L ⁻¹)	Produto
Extremamente tóxico	< 0,1	-----
Altamente tóxico	0,1 a 1,0	H ₂ O ₂
Moderadamente tóxico	> 1,0 a < 10	Cu ₂ SO ₄
Ligeiramente tóxico	> 10 a < 100	Nim
Praticamente não tóxico	> 100	Amendoeira

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Cruz *et al.* (2004) estimaram a CL_{50-96h} da azadiractina, princípio ativo encontrado no nim, como sendo 1,20 mg.L⁻¹ para alevinos de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) com peso entre 1 e 2 g e de 1,18 mg.L⁻¹ para juvenis com peso entre 50 e 70 g. Esses valores relativamente baixos são semelhantes aos resultados encontrados neste trabalho para os produtos químicos.

Após a determinação das concentrações letais médias, passou-se a investigar a eficiência dos produtos na eliminação e/ou no controle dos ectoparasitas ocorrentes nas amostras de peixes, com base nas doses subletais estabelecidas a partir da CL₅₀. Os testes foram conduzidos em aquários de 20 L em sistema estático e com aeração leve e constante (Figura 11.2). Nesses ensaios, foram utilizados peixes com peso médio de 2,2 g (± 0,65) e comprimento total de 8,8 cm (± 1,0).

Foram testadas duas concentrações de cada extrato aquoso das plantas e de cada composto químico (amendoeira = 150 e 300 mg.L⁻¹; nim = 20 e 40 mg.L⁻¹; H₂O₂ = 0,08 e 0,1 mg.L⁻¹; e CuSO₄ = 0,5 e 1,0 mg.L⁻¹) em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e cinco peixes por repetição. Foram retirados oito peixes de cada tratamento para verificar a eficiência nos tempos de 24 e 48 h. As análises parasitológicas foram realizadas a partir de raspados do muco da pele e da triagem de brânquias. Os resultados foram confrontados com o controle, que se refere ao número de parasitas no início dos experimentos. No início e durante o desenvolvimento do experimento, ocorreu apenas *A. ocellatum*. Nesse período, porém, houve aumento da intensidade de parasitas, que se tornou extremamente alta (Figura 11.1B).

A partir dos resultados de intensidade média de parasitas em cada tratamento, foram calculadas as porcentagens de redução dos ectoparasitas em relação ao controle e, dessa forma, analisada a eficiência dos produtos testados. As intensidades médias em cada tratamento foram comparadas com o controle por análise de variância (ANOVA), seguida do Teste de Tukey, com nível de significância de 5%.

A análise da eficiência dos diferentes tratamentos no controle dos parasitas nos alevinos de beijupirá após 24 e 48 h de exposição demonstrou que o tratamento de 1,0 mg.L⁻¹ de sulfato de cobre foi o mais eficiente, com a eliminação de 92,2% dos parasitas

(Tabela 11.3). No entanto, esse tratamento ocasionou a menor sobrevivência dos alevinos, que foi de apenas 30%. Essa baixa sobrevivência provavelmente ocorreu porque os peixes estavam intensamente parasitados e a concentração aplicada estava próxima ao limite médio estabelecido nos ensaios de toxicidade. O tratamento de 0,5 mg.L⁻¹ de CuSO₄ demonstrou eficiência de 91,7% na eliminação dos parasitas nas primeiras 24 h, com sobrevivência de 70% dos alevinos. Os valores de intensidade média obtidos desses dois tratamentos diferiram significativamente da média de parasitas do início dos ensaios, tanto em 24 quanto em 48 h. A intensidade média de parasitas não diferiu ao longo do tempo de exposição em um mesmo tratamento com o CuSO₄ (Tabela 11.4). Diante desse cenário, a melhor forma de usar o sulfato de cobre para o tratamento da doença do veludo em alevinos de beijupirá seria na concentração mais baixa e por, no máximo, 24 h, o que garantiria uma maior sobrevivência dos alevinos com um maior controle dos ectoparasitas.

Tabela 11.3 – Proporção (%) do número de trofontes de *Amyloodinium ocellatum* eliminados de alevinos de beijupirá (*Rachycentron canadum*), em relação ao controle, e sobrevivência (SOB) dos peixes (%) após exposição por 24 e 48 h a duas concentrações (mg.L⁻¹) de extratos aquosos de amendoeira e de nim e de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e sulfato de cobre (CuSO₄).

	Amendoeira		Nim		H ₂ O ₂		CuSO ₄	
	150	300	20	40	0,08	0,1	0,5	1
24 h	0	13,4	19,3	33,5	72,3	69,1	91,7	92,2
48 h	62,9	17,3	85,5	53,7	15,7	38,1	70,1	90,6
SOB	95	90	95	90	80	70	70	30

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

As concentrações de 0,08 e 0,1 mg.L⁻¹ de H₂O₂ reduziram 72,3% e 69,1% dos ectoparasitas após 24 h de exposição, respectivamente. Com 24 h de exposição ao H₂O₂, a intensidade parasitária diminuiu significativamente em relação ao início do experimento. Porém, as médias de ectoparasitas do tratamento com 0,08 mg.L⁻¹ diferiram significativamente em 24 e 48 h, tendo se elevado no tempo de 48 h, valor este que não diferiu da média de parasitas inicial (Tabela 11.4). Ou seja, após o período de 24 h, os parasitas provavelmente voltaram a se multiplicar, o que fez com que a proporção de trofontes se aproximasse dos níveis iniciais.

O efeito redutor dos produtos químicos nas primeiras 24 h provavelmente ocorre devido à ação direta na fase parasita de *A. ocellatum*. Possivelmente, as fases intermediárias do dinoflagelado não são todas eliminadas, mas somente a de trofonte, que parasita diretamente os peixes. No entanto, a forma mais susceptível aos tratamentos quimioterápicos são os dinósporos, enquanto os trofontes e os tomontes apresentam resistência (LAWLER, 1980; PAPERNA, 1980). A resistência do estágio tomonte aos tratamentos quimioterápicos torna possível a elevação da intensidade parasitária após o início do tratamento.

Tabela 11.4 – Intensidade média de trofontes de *Amyloodinium ocellatum* em alevinos de beijupirá (*Rachycentron canadum*) expostos a duas concentrações (mg.L⁻¹) de extratos aquosos de amendoeira e de nim e de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e sulfato de cobre (CuSO₄) durante 24 e 48 h. Letras minúsculas representam diferenças entre os tratamentos de cada produto testado e a intensidade inicial (Inicial); e as maiúsculas, diferenças entre as linhas em cada tratamento (p ≤ 0,05).

	Inicial	Amendoeira		Nim	
		150	300	20	40
24 h	1391 ^a	1638 ^{aA}	1204 ^{aA}	1121 ^{aA}	925 ^{aA}
48 h	1391 ^a	516 ^{bB}	1150 ^{aA}	202 ^{bB}	644 ^{aA}

	Inicial	H ₂ O ₂		CuSO ₄	
		0,08	0,1	0,5	1,0
24 h	2010 ^a	557 ^{aB}	621 ^{bA}	167 ^{bA}	155 ^{bA}
48 h	2010 ^a	1693 ^{aB}	1244 ^{aA}	601 ^{bA}	187 ^{bA}

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Outro fator de influência no controle do parasita é a rápida decomposição do H₂O₂ na presença de aeração (YANONG, 2008), possibilitando a continuidade do ciclo do parasita. Com isso, o uso em larga escala deve ser limitado a ações pontuais e emergenciais, pois, além de extremamente tóxico aos beijupirás, possui um valor alto nos custos variáveis da criação da espécie.

Há mais de duas décadas são realizados trabalhos sobre *A. ocellatum*. O controle desse parasita vem sendo realizado com sucesso em outras espécies de peixes utilizando-se peróxido de hidrogênio e sulfato de cobre (REED; FLOYD, 1994; MONTGOMERY-BROCK *et al.*, 1999, 2000). Athanassopoulou *et al.* (2009) enfatizam que, apesar de controlar uma série de parasitas, os produtos químicos apresentam uma série de desvantagens que os impedem de serem aplicados em algumas espécies de peixes, especialmente marinhas. Schwarz e Smith (2009) relataram métodos físicos e químicos no controle da amilodiodinose. Os métodos físicos incluem a renovação e/ou filtração da água, lavagem e desinfecção dos aparelhos e a remoção dos tomontes encistados antes da liberação dos dinósporos, evitando a reinfestação, enquanto os químicos incluiriam a utilização de sulfato de cobre e cloreto de benzalcônio.

Com relação às plantas medicinais, os extratos aquosos de nim (20 e 40 mg.L⁻¹) apresentaram um melhor controle dos parasitas em 48 h de exposição, reduzindo a infestação em 85,5% e 53,7%, respectivamente (Tabela 11.3). O mesmo efeito foi verificado para as duas concentrações de amendoeira (150 e 300 mg.L⁻¹), que reduziram os parasitas em 62,9% e 17,3%, respectivamente. Apenas nas concentrações mais baixas dos dois extratos e com 48 h de exposição, as médias de ectoparasitas encontradas diferiram significativamente da intensidade média inicial (Tabela 11.4). Diferentemente do observado com os compostos químicos, a sobrevivência dos peixes expostos aos extratos vegetais esteve entre 90% e 95%, apesar de os peixes também estarem fortemente parasitados no início do período de exposição.

Chansue e Assawawongkasem (2008) sugeriram que a atividade antibacteriana está ligada à grande quantidade de taninos presentes nas folhas. Galina *et al.* (2009), Pandev *et al.* (2012) e Pandev (2013) relataram uma série de benefícios na aplicação de plantas medicinais, como alho, amendoeira, nim e gengibre, no combate às doenças de peixes por meio do aumento das defesas específica e não específica. Esses autores destacam também a alta atividade antimicrobiana e o baixo impacto ambiental e de toxicidade desses produtos aos peixes.

O uso de extrato aquoso de folhas de amendoeira na concentração de 200 mg.L⁻¹ reduziu a infecção por fungos nos ovos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e, com 800 mg.L⁻¹, eliminou completamente *Trichodina* spp. de juvenis dessa espécie após 2 dias de tratamento (CHITMANAT *et al.*, 2005). Esses autores constataram ainda que a atividade inibitória sobre a bactéria *Aeromonas hydrophila* ocorreu utilizando 0,5 mg.mL⁻¹ do extrato aquoso. Sua eficiência também foi evidenciada no controle dos monogenéticos ectoparasitas *Gyrodactylus* spp. e *Dactylogyrus* spp. em *Carassius auratus*, eliminando-se todos os parasitas em 2 semanas de tratamento usando 1.720 mg.L⁻¹ do extrato aquoso (CHANSUE; TANGTRONGPIROS, 2005). Para as bactérias *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fluorescens* e *Edwardsiella tarda*, o extrato de alho é mais eficiente que o de nim e o de outras plantas, controlando 90% da intensidade bacteriana (RHAMAN *et al.*, 2009). Para peixes marinhos, como o beijupirá, dados sobre a eficiência de extratos vegetais são inexistentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições dos experimentos realizados com alevinos de beijupirá, os produtos químicos são mais eficientes no controle de trofontes de *A. ocellatum* com poucas horas de exposição, porém com o ônus de alta toxicidade e baixa sobrevivência. Extratos vegetais, por outro lado, são mais eficientes nas concentrações mais baixas por um período de tempo prolongado, gerando baixa mortalidade e pouca ou nenhuma toxicidade aos peixes.

Diante disso, cabe inferir que, sob alta infestação e sem o aparecimento de doenças secundárias e oportunistas, o uso de produtos químicos controla melhor que as plantas medicinais, pois eles atuam rapidamente, interrompendo o ciclo de vida do parasita. Para isso, o tratamento deve ser feito em locais específicos, para que as formas infectantes deixadas na água não atinjam outros peixes saudáveis e não voltem a infectar os tratados.

O uso de extrato aquoso parece, por outro lado, ser mais apropriado como medida preventiva e profilática nas fases iniciais de criação do beijupirá, impedindo assim que a amiloidinose atinja níveis populacionais avançados e provoque alta mortalidade. Deve ser levada em consideração a ausência de toxicidade das plantas aos beijupirás como fator primordial na adoção de medidas de prevenção utilizando extratos de plantas medicinais.

REFERÊNCIAS

- ADEBIYI, A.O. *et al.* Phytochemical screening of two tropical moss plants: *Thidium gratum* P. Beauv and *Barbula indica* Brid grown in southwestern ecological zone of Nigeria. **American Journal of Analytical Chemistry**, v. 3, p. 836-839, 2012.
- ALDERMAN, D.J.; HASTINGS, T.S. Antibiotic use in aquaculture: development of antibiotic resistance – potential for consumer health risks. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 3, n. 2, p.39-155, 2003.
- ANDRADE, R.L.B. *et al.* Comportamento, sobrevivência e desenvolvimento de lebetes, *Poecilia reticulata*, submetidos a agentes utilizados na profilaxia de doenças. **Acta Scientiarum – Animal Science**, v. 27, p. 523-528, 2005.
- ATHANASSOPOULOU, F.; PAPPAS, I.S.; BITCHAVA, K. An overview of the treatments for parasitic disease in Mediterranean aquaculture. In ROGERS, C.; BASURCO, B. (Eds.). **The use of veterinary drugs and vaccines in Mediterranean aquaculture**. CIHEAM: Zaragoza. 2009. p. 65-83.
- BENETTI, D. *et al.* Cobia (*Rachycentron canadum*) hatchery-to-market aquaculture technology: recent advances at the University of Miami Experimental Hatchery (UMEH). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 60-67, 2010.
- CARVALHO, A.R.; LUQUE, J.L. Ocorrência de *Neobenedenia melleni* (Monogenea; Capsalidae) em *Trichiurus lepturus* (Perciformes; Trichiuridae), naturalmente infestados, no litoral do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, p. 74-76, 2009.
- CHANSUE, N.; ASSAWAWONGKASEM, N. The *in vitro* antibacterial activity and ornamental fish toxicity of the water extract of Indian almond leaves (*Terminalia catappa* Linn.). **KKU Veterinary Journal**, v. 18, p. 36-45, 2008.
- CHANSUE, N.; TANGTRONGPIROS, J. Effect of dried Indian almond leaf (*Terminalia catappa*) on monogenean parasite of gold fish (*Carassius auratus*). **Thai Journal of Veterinary Medicine**, v. 35, p. 55-56, 2005.
- CHEN, S.C. *et al.* Mass mortality associated with a Sphaerospora-like myxosporidean infestation in juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (L.), marine cage cultured in Taiwan. **Journal of Fish Diseases**, v. 24, p. 189-195, 2001.
- CHITMANAT, C. *et al.* Antiparasitic, antibacterial, and antifungal activities derived from a *Terminalia catappa* Linn solution against some tilapia (*Oreochromis niloticus*) pathogens. **Acta Horticulturae**, v. 678, p. 179-182, 2005.
- CLAUDIANO, G.S. *et al.* Eficácia do extrato aquoso de *Terminalia catappa* em juvenis de tambaqui parasitados por monogenéticos e protozoários. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, p. 625-636, 2009.
- CRUZ, C.; MACHADO-NETO, J.G.; MENEZES, M.L. Toxicidade aguda do inseticida paration metílico e do biopesticida azadiractina de folhas de neem (*Azadirachta indica*) para alevino e juvenil de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 14, p. 93-102, 2004.
- CUNHA, J.A.; HEINZMANN, B.M.; BALDISSEROTTO, B. The effects of essential oils and their major compounds on fish bacterial pathogens – a review. **Journal of Applied Microbiology**, v. 125, p. 328-344, 2018.

- DARWISH, A.M.; MITCHELL, A.J.; STRAUS, D.L. Evaluation of potassium permanganate against an experimental subacute infection of *Flavobacterium columnare* in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). **Journal of Fish Diseases**, v. 32, p. 193-199, 2009.
- DIAB, A.S. *et al.* Effect of garlic, black seed and biogen as immunostimulants on the growth and survival of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae), and their response to artificial infection with *Pseudomonas fluorescens*. **African Journal of Aquatic Science**, v. 33, p. 63-68, 2008.
- DOPAZO, C.P. *et al.* Inhibitory activity of antibiotic-producing marine bacteria against fish pathogens. **Journal of Applied Microbiology**, v. 65, p. 97-101, 2008.
- DUNG, L.Q. *et al.* Acute toxicity test to determine the effects of copper, zinc and cyanide on cobia (*Rachycentron canadum*) resources in north Vietnam. **Australasian Journal of Ecotoxicology**, v. 11, p. 163-166, 2005.
- FLORENT, R.L.; BECKER, J.; POWELL, M.D. Further development of bithionol therapy as a treatment for amoebic gill disease in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. **Journal of Fish Diseases**, v. 32, p. 391-400, 2009.
- GALINA, J. *et al.* The use of immunostimulating herbs in fish. An overview of research. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 35, p. 669-676, 2009.
- GUERRA-SANTOS, B. *et al.* Parâmetros hematológicos e alterações histopatológicas em beijupirá (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) com amyloodiniose. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, p. 1184-1190, 2012.
- HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURSTON, R.V. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science & Technology**, v. 11, p. 714-719, 1977.
- HARIKRISHNAN, R. *et al.* *Lactuca indica* extract as feed additive enhances immunological parameters and disease resistance in *Epinephelus bruneus* to *Streptococcus iniae*. **Aquaculture**, v. 318, p. 43-47, 2011a.
- HARIKRISHNAN, R.; BALASUNDARAM, C.; HEO, M.S. Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. **Aquaculture**, v. 317, p. 1-15, 2011b.
- HEINECKE, R.D.; BUCHMANN, K. Control of *Ichthyophthirius multifiliis* using a combination of water filtration and sodium percarbonate: Dose-response studies. **Aquaculture**, v. 288, p. 32-35, 2009.
- KERBER, C.E. *et al.* First record of *Neobenedenia melleni* (Monogenea: Capsalidae) in sea-farmed cobia (*Rachycentron canadum*) in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 20, p. 331-333, 2011.
- KLEIN, S. *et al.* Chemical products for *Ichthyophthirius multifiliis*, Fouquet (1876) control in surubim do Iguaçú *Steindachneridion* sp., Garavello (1991) fingerlings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 25, p. 51-58, 2004.
- LAWLER, A.R. Studies on *Amyloodinium ocellatum* (Dinoflagellata) in Mississippi Sound: Natural and Experimental Hosts. **Gulf Research Reports**, v. 6, p. 403-413, 1980.
- LUQUE, J.L.; TAVARES, L.E.R. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. **Zootaxa**, v. 1579, p. 1-39, 2007.
- LUVIZOTTO-SANTOS, R.; ELER, M.N.; ESPINDOLA, E.L.G.; VIEIRA, E.M. O uso de praguicidas nas pisciculturas e pesqueiros situados na bacia do rio Mogi-Guaçu. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, p. 343-358, 2009.
- MAGALHÃES, D.P.; FERRÃO-FILHO, A.S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.
- MARTINS, M.L. Manejo sanitário na piscicultura. In RANZANI PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M. de L.A.P. (Eds.). **Sanidade de Organismos Aquáticos**. Varela: São Paulo. 2004a. p. 323-332.
- MARTINS, M.L. Cuidados básicos e alternativas no tratamento de enfermidades na aquicultura brasileira. In RANZANI PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. de L.A.P. (Eds.). **Sanidade de Organismos Aquáticos**. Varela: São Paulo. 2004b. p. 357-370.
- MARTINS, M.L. *et al.* Alternative treatment for *Anacanthorus penilabiatus* (Monogenea: Dactylogyridae) infection in cultivated pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes: Characidae) in Brazil and its haemathological effects. **Parasite**, v. 9, p. 175-180, 2002.

- MAXIMIANO, A.A. *et al.* Utilização de drogas veterinárias, agrotóxicos e afins em ambientes hídricos: demandas, regulamentação e considerações sobre riscos à saúde humana e ambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 483-491, 2005.
- McLEAN, E.; SALZE, G.; CRAIG, S. R. Parasites, diseases and deformities of cobia. **Ribarstvo**, v. 66, p. 1-16, 2008.
- MONTGOMERY-BROCK, D.; BROCK, J.; SATO, V. T. Using hydrogen peroxide for Pacific threadfin infected by *Amyloodinium ocellatum*. **AQUATIPS – Regional Notes**, v. 10, p. 1-4, 1999.
- MONTGOMERY-BROCK, D. *et al.* Hydrogen peroxide treatment for *Amyloodinium* sp. on mullet (*Mugil cephalus*) fry. **AQUATIPS – Regional Notes**, v. 11, p. 4-6, 2000.
- NYA, E.J.; AUSTIN, B. Use of garlic, *Allium sativum*, to control *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **Journal of Fish Diseases**, New v. 32, p. 963-970, 2009.
- PANDEV, G. Some medicinal plants to treat fish ectoparasitic infections. **International Journal of Pharmaceutical & Research Sciences**, v. 2, p. 532-538, 2013.
- PANDEV, G.; SHARMA, M.; MANDLOI, A.K. Medicinal plants useful in fish diseases. **Plant Archives**, v. 12, p. 1-4, 2012.
- PAPERNA, I. *Amyloodinium ocellatum* (Brown, 1931) (Dinoflagellida) infestations in cultured marine fish at Eilat, Red Sea: epizootiology and pathology. **Journal of Fish Diseases**, v. 3, p. 363-372, 1980.
- PEREGRINO, R.B. *et al.* Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 681-687, 2014.
- PRIETO, A. *et al.* El empleo de medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en Cuba y México. **TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas**, v. 8, p. 39-49, 2005.
- PULKKINEN, K. *et al.* Intensive fish farming and the evolution of pathogen virulence: the case of columnaris disease in Finland. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 277, p. 1-2, 2010.
- RAMOS, P.; OLIVEIRA, J.M. Amiloodinose em pregado, *Psetta máxima* (L.). **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 96, p. 201-205, 2001.
- REED, P.; FLOYD, R.F. *Amyloodinium* infections of marine fish. **University of Florida. IFAS Extension**, v. 90, p. 1-4, 1994.
- RHAMAN, T. *et al.* Evaluation of the efficacies of selected antibiotics and medicinal plants on common bacterial fish pathogens. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 7, p. 163-168. 2009.
- RINGO, E. *et al.* Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. **Journal of Marine Science: Research & Development**, v. 1, p. 1-22, 2012.
- ROBERTS-THOMPSON, A.; BARNES, A.; FIELDER, D. S. Aerosol dispersal of the fish pathogen, *Amyloodinium ocellatum*. **Aquaculture**, v. 257, p. 118-123, 2006.
- SANCHES, E.G. Controle de *Neobenedenia melleni* (Maccallum, 1927) (Monogenea: Capsalidae) em garoupa-verdadeira, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), cultivada em tanques-rede. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 17, p. 145-149, 2008.
- SANCHES, G.; OSTINI, S.; RODRIGUES, V.C.S. Ocorrência e tratamento de monogênoides em alevinos de pampo (*Trachinotus carolinus*) cultivados experimentalmente na região norte do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 16, p. 1-4, 2007.
- SCHALCH, S.H.C.; MORAES, F.R.; SOARES, V.E. Praziquantel, levamisol e diflubenzuron no controle de *Dolops carvalhoi* (Crustacea: Branchiura) e *Anacanthorus penilabiatatus* (Monogenea: Dactylogyridae) em *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes: Characidae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, p. 53-59, 2009.
- SCHWARZ, M.H.; SMITH, S.A. **Getting acquainted with *Amyloodinium ocellatum***. Commercial fish and shellfish technology. Virginia: Virginia Cooperative Extension. Fact Sheet. Publication 600-200. 2009.
- SENG, L.T.; TAN, Z.; ENRIGHT, W.J. Important parasitic diseases in cultured marine fish in the Asia-Pacific region: part 1 – the parasites. **Aquaculture Asia Pacific Magazine**, v. 2, p. 14-16, 2006a.

SENG, L.T.; TAN, Z.; ENRIGHT, W.J. Important parasitic diseases in cultured marine fish in the Asia-Pacific region: part 2 – control measures. **Aquaculture Asia Pacific Magazine**, v. 2, p. 25-27, 2006b.

TAVECHIO, W.L.G.; GUIDELLI, G.; PORTZ, L. Alternativas para a prevenção e o controle de patógenos em piscicultura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, p. 335-341, 2009.

TREVIS, D. *et al.* Toxicidade aguda do praguicida organofosforado diclorvos e da mistura com o piretróide deltametrina em *Danio rerio* e *Hyphessobrycon bifasciatus*. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, p. 53-59, 2010.

ULRICH-MERZENICH, G. *et al.* Application of the “-Omic-” technologies in phytomedicine. **Phytomedicine**, v. 14, p. 70-82, 2007.

YANONG, R.P.E. Use of hydrogen peroxide in finfish aquaculture. **IFAS Extension**, FA 157, p. 1-6, 2008.

YU, J.E. *et al.* Large antibiotic-resistance plasmid of *Edwardsiella tarda* contributes to virulence in fish. **Microbial Pathogenesis**, v. 52, p. 259-266, 2012.

ZUCKER, E. Standard evaluation procedure acute toxicity test for freshwater fish. Washington: USEPA 540/985006.1985. 17pp.

CAPÍTULO 12

VIABILIDADE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DO BEIJUPIRÁ EM GAIOLAS NO BRASIL³

Santiago Hamilton
Thales Ramon Queiroz de Bezerra
Ernesto de Carvalho Domingues
Artur Nishioka Rombenso
Luiz Flávio Arreguy Maia Filho
Ronaldo Olivera Cavalli

Apesar do rápido desenvolvimento da aquicultura mundial nas últimas décadas, pouca importância tem sido dedicada ao estudo econômico dessa atividade. No Brasil, a maioria dos esforços de pesquisa relacionados à aquicultura foca, principalmente, questões de caráter biológico e/ou zootécnico, o que faz com que os estudos de viabilidade econômica aplicados à aquicultura, além de poucos, sejam relativamente recentes (SCORVO *et al.*, 1998; CARNEIRO *et al.*, 1999; CAMPOS *et al.*, 2007; SANCHES *et al.*, 2008, 2013). Assim, como forma de garantir o crescimento sustentável da atividade, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos econômicos e de mercado (ARANA, 1999).

A piscicultura marinha tem grande potencial de geração de empregos e renda, mas ainda é considerada uma atividade incipiente no Brasil (SAMPAIO *et al.*, 2010; CAVALLI *et al.*, 2011; BALDISSEROTTO, 2020). Durante anos, as tainhas (*Mugil spp.*), o robalo-peva (*Centropomus parallelus*), o peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) e o linguado (*Paralichthys orbignyanus*) foram as principais espécies consideradas para a piscicultura marinha no Brasil (CERQUEIRA, 2004; BALDISSEROTTO; GOMES, 2013). O sucesso na produção do beijupirá (*Rachycentron canadum*) na Ásia (LIAO *et al.*, 2004; LIAO; LEAÑO, 2007) fez crescer o interesse na aquicultura dessa espécie em outros países, incluindo o Brasil (SAMPAIO *et al.*, 2010; CAVALLI *et al.*, 2011). A produção mundial do beijupirá vem aumentando gradualmente e, em 2018, 43.706 toneladas foram produzidas, principalmente em gaiolas (tanques-rede) flutuantes instaladas em áreas próximas da costa (*nearshore*), principalmente na China, em Taiwan e no Vietnã (NHU *et al.*, 2011; FAO, 2020).

Embora a piscicultura marinha atualmente não tenha importância comercial no Brasil (BALDISSEROTTO, 2020), Kapetsky *et al.* (2013) concluíram que o nosso país tem um dos maiores potenciais para a aquicultura em mar aberto (*offshore*) no mundo. Como destacado nos capítulos 3 e 4, duas iniciativas de criação de beijupirá em mar aberto operaram no Recife, Pernambuco, enquanto diversos projetos de criação de beijupirá de menor escala estão em operação em áreas protegidas nos litorais do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo. Assim, tendo em vista o crescente interesse pela aquicultura do beijupirá, estudos de viabilidade econômica de diferentes sistemas de produção podem auxiliar potenciais investidores, ajudando na canalização de recursos para o desenvolvimento tecnológico dessa atividade. Há uma relativa escassez de estudos que tratam da viabilidade econômica da aquicultura (NATALE *et al.*; 2011), e, em muitos casos, os estudos disponíveis são baseados em resultados teóricos (KAM *et al.*, 2003; KAISER *et al.*, 2010). Portanto, considerando que a piscicultura marinha em geral, e a do beijupirá em particular, ainda se encontra em um estágio inicial

³ Este capítulo é uma versão adaptada de BEZERRA, T.R.Q.; DOMINGUES, E.C.; MAIA FILHO, L.F.A.; ROMBENSO, A.N.; HAMILTON, S.; CAVALLI, R.O. Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. **Aquaculture International**, v. 24, p. 609-622, 2016

de desenvolvimento no Brasil, a viabilidade econômica da criação dessa espécie em gaiolas (tanques-rede) foi avaliada a partir de dados obtidos de uma operação em mar aberto na costa do Recife e de uma fazenda de menor escala instalada em uma área protegida no litoral de Angra dos Reis, Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados da produção de beijupirá em uma fazenda *offshore*, aqui denominados de *sistema industrial* (SI), foram baseados nos investimentos e custos operacionais de uma fazenda experimental implantada a aproximadamente 10 km do litoral do Recife (08°09'07"S; 034°48'41"W). Essa fazenda foi financiada com recursos do extinto Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), por meio do projeto *Cação de Escama: cultivo de beijupirá pelos pescadores artesanais do litoral de Pernambuco*, coordenado pela equipe do Laboratório de Piscicultura Marinha da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Embora a fazenda do projeto *Cação de Escama* tenha operado com quatro gaiolas de polietileno de alta densidade (PEAD), a análise da viabilidade econômica do SI considerou a instalação e a operação de 24 gaiolas de 1.607 m³. Assim, o volume total de gaiolas de toda a fazenda seria de 38.568 m³, sendo estas dispostas em dois módulos de doze cada. Como as gaiolas foram instaladas numa profundidade de 24 m, o sistema de ancoragem seria composto de quarenta linhas de 100 m de comprimento e âncoras de 0,5 t. A área total da fazenda teria 16 ha, sendo demarcada por quatro boias nos vértices.

O SI tinha um escritório administrativo e um depósito na área portuária, um barco de 16 m de comprimento com um motor de seis cilindros e um guincho hidráulico e duas lanchas de motor de 7,0 m com motor de popa de 90 HP. Eventualmente, um barco seria alugado durante a manutenção do barco principal. Como as gaiolas do SI podem ser objeto de roubo, vigilantes noturnos permaneceram no barco fundeado próximo às gaiolas. O pessoal técnico e administrativo incluía um gerente administrativo, um gerente de produção, um comandante de barco, sete tripulantes auxiliares e sete mergulhadores, o que é suficiente para realizar as atividades diárias, como compras e armazenamento de suprimentos; manutenção; limpeza e substituição de redes, gaiolas, sistema de ancoragem e equipamentos de mergulho; transporte de ração para as gaiolas; alimentação dos peixes; monitoramento do crescimento e da saúde dos peixes; remoção de predadores e peixes mortos, entre outras tarefas. As gaiolas, as redes, os sistemas de ancoragem e a sinalização, as embarcações, o alimentador semiautomático e as balizas de sinalização foram importadas do Chile. As gaiolas foram estocadas com juvenis de beijupirá com peso de 15 a 20 g a uma densidade de 3 peixes.m⁻³. Os peixes foram alimentados duas vezes por dia com uma ração comercial (45% de proteína bruta e 8% de lipídios).

O investimento inicial incluiu a aquisição e instalação do sistema de cultivo (gaiolas, redes, sistema de ancoragem, boias de sinalização, mão de obra, frete e impostos), barco, lanchas, equipamento de mergulho, compressor de ar, globos de flutuação subaquática, alimentador semiautomático, lavadora de alta pressão, sistema de navegação GPS, sistema de rádio, jaquetas salva-vidas e balanças. Além disso, a compra de uma caminhonete e os custos dos projetos para licenciamento e a cessão da área também foram considerados.

Um sistema de produção de menor escala, denominado *sistema familiar* (SF), foi avaliado pela coleta de dados de uma fazenda instalada em uma área protegida no norte da Ilha Grande (23°06'5"S; 044°15'5"W), Angra dos Reis, RJ. A análise econômica do SF foi baseada em seis gaiolas quadradas (5 × 5 × 3 m) de madeira, semelhantes às utilizadas no Vietnã (HUANG *et al.*, 2011; PETERSEN *et al.*, 2014). Como cada gaiola tinha um volume de 75 m³, o volume total de gaiolas do SF era 450 m³. O sistema de ancoragem consistia em cabos e amarras/poitas de concreto e foi construído e instalado pelos próprios produtores. As atividades rotineiras de manejo foram realizadas usando uma canoa a remo. Os peixes foram alimentados com uma ração comercial

(45% de proteína bruta e 8% de lipídios) duas vezes por dia. Não houve empregados remunerados, mas parte do lucro no final da produção cobriria o *pro labore* da família.

O investimento inicial do SF incluiu custos associados ao sistema de cultivo (gaiolas, flutuadores, redes de recria e engorda, sistemas de ancoragem e sinalização) e outros itens (canoa, equipamentos de mergulho e caixas plásticas). Semelhantes aos do SI, os custos de desenvolvimento dos projetos para licenciamento e cessão da área também foram considerados. As principais características dos sistemas de produção SI e SF estão resumidas na Tabela 12.1.

Parâmetros de produção e preços

Os principais parâmetros de produção (densidade de estocagem, conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência, peso final e produtividade) dos dois sistemas de produção (SI e SF) foram estimados assumindo um cenário conservador, fundamentados na literatura disponível e na experiência dos autores. Assim, com base na tecnologia utilizada na produção do beijupirá em gaiolas no Brasil (CAVALLI *et al.* 2011; SAMPAIO *et al.*, 2011), a densidade de estocagem e a CAA foram estabelecidas em 3,0 peixes.m⁻³ e 2,0, respectivamente. As quantidades totais de alimento utilizadas no SI e SF seriam 632.716 kg e 7.382 kg, respectivamente. O preço da ração comercial (US\$ 1,64 kg⁻¹) baseou-se no valor de mercado em 27 de janeiro de 2012. Supondo um peso final médio de 4,2 kg por peixe e uma sobrevivência estimada de 65,1%, uma produtividade de 8,2 kg.m⁻³ seria alcançada, o que é consistente com Sampaio *et al.* (2011).

Tabela 12.1 – Principais características dos sistemas de produção industrial (SI) e familiar (SF) do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes no Brasil considerados neste estudo.

	SI	SF
Número, tipo e tamanho das gaiolas	24 gaiolas circulares de PEAD com volume unitário de 1.607 m ³	6 gaiolas quadradas flutuantes de madeira, cada uma com 75 m ³
Peso inicial dos peixes	Engorda: 15-20 g	Recria: 2 g Engorda: 15-20 g
Densidade de estocagem	3 peixes m ⁻³	3 peixes m ⁻³
Duração do ciclo	Engorda: 12 meses	Recria: 2 meses Engorda: 12 meses
Número de alevinos por ciclo	115.704	1.350
Alimentação	Ração extrusada, <i>slow-sinking</i> , 45% de proteína, 8% de lipídios, duas refeições diárias	Ração extrusada, <i>slow-sinking</i> , 45% de proteína, 8% de lipídios, quatro refeições diárias (recria) e duas refeições diárias (engorda)
Mão de obra contratada	17 funcionários	Nenhuma
Preço de venda	US\$ 8,62 kg ⁻¹	US\$ 8,62 kg ⁻¹

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

No SI, um total de 115.704 peixes seriam estocados em cada ciclo de 12 meses de duração. Com a taxa de sobrevivência estimada de 65,1% (SAMPALIO *et al.*, 2011), 75.332 peixes (ou 316.358 kg) seriam produzidos anualmente. O SF utilizou um sistema de criação de duas fases (recria e engorda). Inicialmente, 1.350 juvenis (peso médio de 2 g) foram estocados em duas gaiolas com malha de 3 mm de abertura e alimentados quatro vezes por dia com uma ração comercial contendo 45% de proteína bruta e 8% de lipídios. Ao atingir 150 g, os juvenis foram transferidos para seis gaiolas de crescimento (malha de 12-20 mm) com uma densidade de 3 peixes.m⁻³. Após 12 meses de criação, seriam produzidos 879 peixes com peso médio de 4,2 kg, totalizando 3.692 kg no SF.

O preço de venda do beijupirá foi estabelecido em US\$ 8,62 kg⁻¹ (LIMA, 2009; CAVALLI *et al.*, 2011), e a taxa de câmbio do dólar americano para o real brasileiro foi de 1,74 (em 27 de janeiro de 2012). O Imposto de Renda foi avaliado a uma taxa de 15%

do lucro presumido, considerando que a fazenda estaria iniciando suas atividades (BRASIL, 2012). No caso do imposto de seguridade social, a estimativa seguiu as recomendações do Instituto de Economia Agrícola, em São Paulo (MATSUNAGA *et al.*, 1976).

Custos operacionais

A estruturação dos custos operacionais também se baseou em Matsunaga *et al.* (1976). O custo operacional efetivo (COE) são os custos associados ao trabalho e outros insumos; os custos operacionais totais (COT) resultam do COE mais gastos, incluindo depreciação linear de máquinas e equipamentos, assistência técnica, despesas gerais, impostos e despesas financeiras gerais; enquanto o custo total de produção (CTP) foi obtido adicionando os valores do retorno sobre o investimento inicial, a uma taxa anual de 12%, ao CTP.

De modo semelhante a Kaiser *et al.* (2010), os custos operacionais incluíram as despesas relacionadas a mão de obra, alevinos, ração, eletricidade, aluguel do barco de reserva, combustível, alimentação da tripulação, monitoramento ambiental, aluguel de escritório e depósito, depreciação e manutenção dos equipamentos (barco, lanchas, motores, canoa, equipamentos de mergulho, veículo, etc.) e outros itens de proteção (material de limpeza, ferramentas, gelo, etc.). Para a depreciação dos sistemas de cultivo, de ancoragem e de sinalização, embarcações e veículos (Tabela 12.2), foi estimada uma vida útil de 10 anos, enquanto a vida útil das redes e demais equipamentos foi fixada em 5 anos.

Análises de rentabilidade, investimento e sensibilidade

Os indicadores de rentabilidade considerados foram receita bruta, que consiste na quantidade total de peixe produzida multiplicada pelo valor de comercialização de 1 kg de beijupirá; lucro operacional, que é a diferença entre receita bruta e CTP; custo de produção, resultante da relação entre CTP e produção; e a produção de equilíbrio, que resulta da quantidade de peixe produzida dividida pelo valor de custo (MARTIN *et al.*, 1998). Esse indicador representa a quantidade de peixes que deve ser produzida para que o lucro operacional seja zero.

Tabela 12.2 – Investimento inicial total em (em US\$, dólares americanos) e proporcional (%) para a criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes nos sistemas de produção industrial (SI) e familiar (SF) no Brasil.

	SI		SF	
	US\$	%	US\$	%
Gaiolas*	388.989	26,66	5.517	34,10
Redes**	171.294	11,74	4.955	30,63
Sistema de ancoragem*	211.954	14,52	719	4,44
Sistema de sinalização*	10.554	0,72	86	0,53
Barco e lancha*	158.331	10,85	862	5,33
Instalação de gaiolas, ancoragem e sinalização	51.563	3,53	-	-
Desenvolvimento do projeto	20.114	1,38	862	5,33
Caminhonete*	20.115	1,38	-	-
Transporte Chile-Brasil	68.118	4,67	-	-
Cessão da área	3.265	0,22	102	0,63
Impostos de importação	308.451	21,14	-	-
Gastos diversos**	46.585	3,19	3.076	19,01
Total	1.459.333	100	16.179	100

* Vida útil estimada em 10 anos; ** Vida útil estimada em 5 anos.

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

O valor presente líquido (VPL) e o tempo de retorno foram estimados para a análise do investimento. O VPL compara o investimento inicial com retornos futuros. Uma atividade é considerada economicamente viável quando o VPL é positivo no final de um determinado período de tempo. Neste estudo, foi adotada uma linha de tempo de 5 anos para ambos os sistemas de produção, com o investimento inicial no primeiro ano. O VPL é calculado pela diferença entre o valor do fluxo de caixa descontado do valor da data do investimento inicial e o valor do investimento inicial (MEGLIORINI; VALLIM, 2009). Uma taxa de desconto do valor presente do fluxo de caixa é necessária para calcular o VPL, e esta deve ser maior que o custo do capital. Considerando o uso de fundos de instituições financeiras para o investimento inicial, utilizamos as taxas anuais do Banco do Nordeste do Brasil (BNB), que são 5% e 7,25% para o SF e o SI, respectivamente. Lisac e Muir (2000) argumentaram que a taxa de desconto deve ser aumentada por um prêmio de risco, resultando em uma taxa de retorno mínima atrativa (TRMA) para a atividade específica. De acordo com esses autores, o risco na aquicultura geralmente varia de 5% a 25%, sendo as operações *offshore* consideradas as mais arriscadas. Portanto, consideramos um TRMA de 15% para o SI e de 10% para o SF, o que é consistente com estudos similares (KAM *et al.*, 2003; WHITMARSH *et al.*, 2006; LIPTON; KIM, 2007; KAM; LEUNG, 2008). O tempo de retorno representa o tempo necessário para a recuperação do investimento inicial, através da soma das entradas de caixa líquidas descontadas (MEGLIORINI; VALLIM, 2009).

Uma avaliação da sensibilidade dos resultados em relação a algumas variáveis pode ser uma abordagem interessante especialmente considerando a maneira como essas variáveis, que podem ter origem biológica ou de mercado (POSADAS; HANSON, 2006), afetam os resultados financeiros (KAM; LEUNG, 2008). As variáveis aqui analisadas (preço de venda, produtividade, CAA e custo da ração) estão associadas a condições internas de produção e fatores externos, como flutuações nos preços de mercado. Diferentes cenários foram assim considerados seguindo alguns dos parâmetros anteriormente adotados por Kam *et al.* (2003), Whitmarsh *et al.* (2006), Lipton e Kim (2007) e Kam e Leung (2008).

RESULTADOS

O investimento inicial para o SI foi estimado em US\$ 1.459.333 (Tabela 12.2). Os itens que mais contribuíram foram as gaiolas (26,66%), impostos de importação (21,14%), sistema de ancoragem (14,52%) e redes (11,74%), que totalizaram 74,06% do investimento inicial. O investimento inicial para o SF foi de US\$ 16.179, e os itens mais caros foram gaiolas (34,10%) e redes (30,63%).

Em termos de custos operacionais, o CTP do SI foi de US\$ 2.203.098 (Tabela 12.3). As despesas relacionadas com ração (64,43%), alevinos (18,55%) e mão de obra (9,11%) foram os componentes mais importantes do COE. O CTP do SF totalizou US\$ 22.771, sendo as compras de ração (recria e engorda, 80,17%) e alevinos (12,54%) os principais custos do COE (Tabela 12.3).

Assumindo uma produção anual de aproximadamente 316 t e o preço de venda fixado em US\$ 8,62 kg⁻¹, a receita bruta anual do SI excederia US\$ 2,7 milhões (Tabela 12.4). Se o preço de custo fosse estimado em US\$ 6,96 kg⁻¹, a produção de equilíbrio seria de aproximadamente 255,6 t, e o lucro operacional seria igual a US\$ 523.908. Para o SF, a produção anual seria de aproximadamente 3,7 t, com uma receita bruta de US\$ 31.816 e uma produção de 2.682 kg (Tabela 12.4). O preço de custo foi estimado em US\$ 6,17 kg⁻¹. Para uma linha de tempo de 5 anos, tanto o SI quanto o SF apresentariam VPL positivos (US\$ 297.615 e US\$ 18.124, respectivamente), e os tempos de retorno seriam de 3,88 e 2,07 anos, respectivamente.

A carga tributária direta sobre o CTP varia de acordo com o sistema de produção. Para o SI, a tributação sobre a importação de equipamentos contabiliza 21,14% do investimento inicial (Tabela 12.2). Os impostos sobre renda e segurança social representam 4,2% e 2,2% do CTP, respectivamente, o que significa que US\$ 0,45 dos US\$ 6,96 necessários para produzir 1 kg de beijupirá seriam devidos a impostos diretos. No SF, como nenhum equipamento foi importado, e não havia empregados pagos,

apenas o Imposto de Renda foi considerado. Esse imposto corresponde a 7,01% do CTP, ou US\$ 0,43 dos US\$ 6,17 necessários para produzir 1 kg de beijupirá nesse sistema.

Tabela 12.3 – Custo operacional efetivo anual (COE), custo operacional total (COT) e custo total de produção (CTP) de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes nos sistemas industrial (SI) e familiar (SF) no Brasil.

	SI		SF	
	US\$	%	US\$	%
Mão de obra	146.896	9,11	-	-
Alevinos	299.234	18,55	1.939	12,54
Ração (recria)	-	-	258	1,67
Ração (engorda)	1.039.442	64,43	12.134	78,49
Eletricidade	1.379	0,09	-	-
Combustível	22.956	1,42	-	-
Alimentação da tripulação	19.310	1,20	-	-
Cabos para manutenção das gaiolas e sistema de ancoragem	20.034	1,24	-	-
Manutenção do barco	13.793	0,85	207	1,34
Manutenção da caminhonete	1.034	0,06	-	-
Manutenção dos equipamentos de mergulho	3.174	0,20	345	2,23
Aluguel de barco reserva	14.943	0,93	-	-
Aluguel de escritório e depósito	13.795	0,86	-	-
Monitoramento ambiental	17.243	1,07	575	3,73
Custo operacional efetivo (COE)	1.613.233	100	15.458	100
Depreciação	122.535		2.324	
Encargos previdenciários ¹	48.476		-	
Gastos gerais ²	80.662		773	
Encargos financeiros ³	70.579		677	
Outros encargos ⁴	92.493		1.597	
Custo operacional total (COT)	2.027.978		20.829	
Compensação pelo investimento ⁵	175.120		1.942	
Custo total de produção (CTP)	2.203.098		22.771	

¹ (33% dos gastos com mão de obra).

² (5% do COE).

³ (8,75% de 50% do COE).

⁴ (15% do Imposto de Renda sobre o lucro líquido anual presumido).

⁵ (12% por ano dos investimentos fixos).

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Tabela 12.4 – Produção anual, preço de venda, receita bruta, custo de produção, produção de equilíbrio, lucro operacional, valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno na produção de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes nos sistemas industrial (SI) e familiar (SF) no Brasil.

	SI	SF
Produção anual (kg)	316.358	3.691
Preço de venda (US\$ kg ⁻¹)	8,62	8,62
Receita bruta (US\$) ¹	2.727.006	31.816
Custo de produção (US\$ kg ⁻¹) ²	6,96	6,17
Produção de equilíbrio (kg) ³	255.580	2.642
Lucro operacional (US\$) ⁴	523.908	9.045
VPL (US\$)	297.615	18.124
Tempo de retorno (anos)	3,88	2,07

¹ Produção x preço de venda.

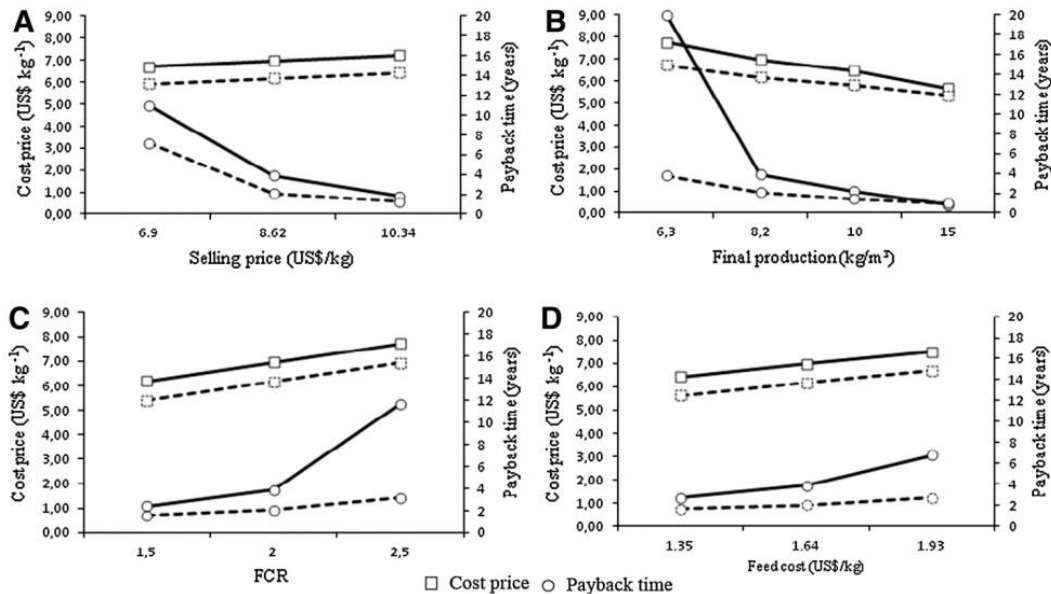
² CTP / produção total.

³ CTP / preço de venda.

⁴ Receita bruta – CTP.

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Figura 12.1 – Variação do custo de produção (US\$ kg⁻¹) e tempo de retorno (anos) em função da variação do preço de venda (A), da produtividade (B), da conversão alimentar aparente (CAA) (C) e do custo da ração (D) na criação de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em gaiolas flutuantes nos sistemas industrial (SI) e familiar (SF) no Brasil. Linhas contínuas e pontilhadas representam o SI e o SF, respectivamente.



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

A análise de sensibilidade demonstrou que uma redução de 20% no preço de venda inicialmente estabelecido (de US\$ 8,62 para US\$ 6,90 kg⁻¹) faria com que o VPL se tornasse negativo, e o tempo de retorno passaria a ser maior que 5 anos (Figura 12.1A). No entanto, se esse menor preço de venda fosse combinado com uma CAA de 1,5 e/ou uma produtividade de 10 kg m⁻³, ambos os sistemas seriam economicamente viáveis. Supondo que os preços de venda sejam iguais ou superiores a US\$ 8,62 kg⁻¹, tanto o SI como o SF seriam lucrativos.

Se a produtividade no SI fosse de 6,3 kg m⁻³, o VPL seria negativo, e o tempo de retorno seria maior que 5 anos (Figura 12.1B). Com uma produtividade tão baixa, o SI seria viável apenas com um preço de venda de US\$ 10,34 kg⁻¹. Para níveis de produtividade de 8,2, 10 ou 15 kg m⁻³, o SI seria viável, e os tempos de retorno seriam de 3,88, 2,19 e 0,81 anos, respectivamente. No SF, a produção seria viável mesmo com uma produtividade de 6,3 kg m⁻³. Nesse sistema, para produtividades de 6,3, 8,2, 10 ou 15 kg m⁻³, os tempos de retorno seriam 3,75, 2,07, 1,45 e 0,97 anos, respectivamente (Figura 12.1B).

A CAA tem um efeito importante no custo de produção e no tempo de retorno (Figura 12.1C). Supondo uma CAA de 2,5, o SI não seria viável, pois o VPL seria negativo após 5 anos. No entanto, com a mesma CAA, mas com um preço de venda de US\$ 10,34 kg⁻¹ ou uma produtividade superior a 10 kg m⁻³, o SI seria viável. Em contraste, o SF seria lucrativo mesmo se a CAA variasse de 1,5 a 2,5 (Figura 12.1C). Assumindo CAA de 2,5, 2 e 1,5, os tempos de retorno para o SI seriam 5, 3,88 e 2,43 anos, respectivamente, e 3,16, 2,07 e 1,55 anos para o SF, respectivamente. Semelhantemente à CAA, a variação no preço da ração afeta o custo de produção e o tempo de retorno (Figura 12.1D). Considerando um custo de ração de US\$ 1,64 kg⁻¹, o SI seria viável, mas com preços acima de US\$ 1,93, a produção não seria economicamente atrativa, já que o tempo de retorno seria superior a 5 anos. No SF, com um custo da ração de US\$ 1,35 a 1,93 kg⁻¹, a produção seria viável, já que o tempo de retorno sempre seria inferior a 5 anos.

DISCUSSÃO

Os resultados mostram que, considerando os pressupostos deste estudo, a aquicultura do beijupirá no Brasil é viável tanto em sistemas de criação *offshore* em larga escala quanto em sistemas de produção de menor escala instalados próximo à costa (*nearshore*). A criação do beijupirá no SI exige um investimento inicial de US\$ 1,5 milhão, caracterizando essa atividade por requerer um grande volume de capital. Em grande parte, isso se deve à peculiaridade das operações *offshore* (BEVERIDGE, 2004; LIPTON; KIM, 2007; BOSTOCK *et al.*, 2010), onde há necessidade de pessoal treinado, equipamentos especializados e de embarcações aptas a operar em condições severas de mar (DRUMM, 2010). Huguenin (1997) observa que, embora os custos de investimento sejam geralmente importantes, as análises econômicas não são sensíveis aos custos iniciais de instalação dos sistemas de produção. Além disso, os custos iniciais nem sempre refletem os verdadeiros custos de um determinado sistema de produção. Uma avaliação comparativa dos custos de instalação das gaiolas também deve considerar as possíveis diferenças na durabilidade, a operação e os custos de manutenção, a necessidade de equipamentos auxiliares e o desempenho adequado do sistema como um todo.

O interesse mundial pela piscicultura *offshore* vem aumentando devido a uma série de problemas que afetam negativamente algumas áreas costeiras, os quais estão geralmente associados à qualidade ambiental e/ou a conflitos com outros usuários dessas áreas (LIPTON; KIM, 2007; BOSTOCK *et al.*, 2010; KAPETSKY *et al.*, 2013). A piscicultura *offshore* permite o uso de áreas com condições ambientais ótimas, onde as correntes marinhas são capazes de manter altas concentrações de oxigênio dissolvido no interior das gaiolas e onde normalmente não se sentem os possíveis efeitos da poluição advinda do continente. Ao mesmo tempo, o cultivo *offshore* minimiza o impacto ambiental pela maior dispersão dos resíduos (BEVERIDGE, 2004; BOSTOCK *et al.*, 2010). Em contrapartida, a instalação e a operação de sistemas *offshore* em ambientes expostos implicam custos comparativamente mais elevados (BEVERIDGE, 2004; MIAO *et al.*, 2009). Huguenin (1997), Kaiser *et al.* (2010) e Domingues *et al.* (2014) concordam que a piscicultura *offshore* depende da escala de produção para ser economicamente viável. Nesse caso, à medida que a escala de produção aumenta, o custo médio do produto diminui.

Devido à durabilidade e ao custo relativamente baixo, as gaiolas de PEAD são as estruturas mais comumente utilizadas na piscicultura *offshore* (BOSTOCK *et al.*, 2010). No Brasil, como a piscicultura marinha é incipiente, a pequena demanda por esses equipamentos impede o desenvolvimento do mercado e, portanto, resulta na necessidade de importação. Portanto, deve ser dada especial atenção às taxas de câmbio, as quais, no Brasil, têm flutuado amplamente ao longo dos últimos anos. Outro fator importante é o alto fardo dos impostos de importação. Neste estudo, estes representaram 21,14% do investimento inicial para o SI. Considerando o potencial de geração de renda e empregos dessa atividade, Domingues *et al.* (2014) sugeriram uma isenção temporária de impostos de importação ou a redução de tarifas para a aquisição desses equipamentos no exterior. Essas políticas, no entanto, devem ser estabelecidas paralelamente a um plano de apoio às empresas nacionais na produção e instalação desses equipamentos em ambientes *offshore*.

O SF demanda um investimento inicial comparativamente menor que o no SI. Como as áreas costeiras protegidas são ambientes com menor hidrodinâmica, é possível o uso de materiais e equipamentos de menor custo na confecção de gaiolas e sistemas de ancoragem. Essa facilidade garante um menor investimento na confecção e instalação de sistemas de piscicultura marinha, tal como ocorre na Ásia (HUANG *et al.*, 2011; NHU *et al.*, 2011; PETERSEN *et al.*, 2014) e na criação de tilápia no Brasil (SCHMITTOU, 1993; ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004).

Independentemente do sistema de produção, a ração foi o principal componente dos custos operacionais, o que concorda com vários outros estudos que tratam

da produção de peixes marinhos (BOMBEO-TUBURAN *et al.*, 2001; MIAO; TANG, 2002; MIAO *et al.*, 2009; HUANG *et al.*, 2011; PETERSEN *et al.*, 2014). Huang *et al.* (2011) concluíram que os custos de alimentação do beijupirá podem variar de acordo com o país, sendo igual a 92,2% dos custos operacionais na China, 84,4% em Taiwan e 90,2% no Vietnã. Como a aquicultura do beijupirá é uma atividade relativamente nova (HOLT *et al.*, 2007), há uma falta de conhecimento em termos de exigências nutricionais (FRASER; DAVIES, 2009). Embora o mercado geralmente demande beijupirás com peso superior a 4 kg, todos os estudos sobre as exigências nutricionais disponíveis até o momento foram realizados com beijupirás pesando menos de 100 g (FRASER; DAVIES, 2009). Por conseguinte, é necessário definir as exigências nutricionais em exemplares maiores que 1-2 kg, pois a maior quantidade de ração é fornecida no final do ciclo de produção, o que tem um maior impacto na viabilidade econômica da atividade (CAVALLI; GARCIA, 2012).

Vários estudos indicam que as rações para peixes marinhos disponíveis no Brasil não resultaram no crescimento relatado em outros lugares (LIAO *et al.*, 2004; BENETTI *et al.*, 2008; ROMBENSO *et al.*, 2009; CAVALLI *et al.*, 2011; NHU *et al.*, 2011). Além de níveis de aminoácidos essenciais mais baixos que os recomendados para a espécie, Cavalli *et al.* (2011) relataram que algumas rações comerciais também apresentavam baixa atratividade e palatabilidade. Melhorar a qualidade das rações certamente afetará a CAA e, conseqüentemente, terá um grande impacto na viabilidade da aquicultura do beijupirá no Brasil. Na Ásia, a alimentação do beijupirá com peixes com baixo valor comercial (rejeito, *trash fish*, *by-catch* ou descarte de pesca) é uma prática comum (LIAO *et al.*, 2004; NGUYEN *et al.*, 2008; NHU *et al.*, 2011; PETERSEN *et al.*, 2014). Entretanto, como discutido no Capítulo 6, além do maior potencial de poluição, o rejeito/descarte de pesca não apresenta uma estabilidade quanto à composição; e seu transporte, armazenamento e manuseio são caros e problemáticos (SU *et al.*, 2000). Além disso, o rejeito/descarte de pesca pode ser vetor de parasitas e de doenças virais ou bacterianas (KIM *et al.*, 2007). Do ponto de vista produtivo, Nguyen *et al.* (2008) e Petersen *et al.* (2014) relataram maior crescimento em beijupirás alimentados com uma dieta balanceada em comparação com aqueles alimentados com rejeito/descarte da pesca.

Uma possibilidade de diminuição de custos discutida por Domingues *et al.* (2014) é a comercialização da ração a granel, ou seja, sem a necessidade de ensacamento. Nesse caso, o produtor teria que instalar uma estrutura para armazenar a ração, além de modificar o processo de transporte da ração até as gaiolas, o que poderia implicar em novos custos. Em médio prazo, porém, essa opção poderia resultar na diminuição de custo.

Outro importante item na composição do custo são os alevinos, cuja aquisição respondeu por 12,54% e 18,55% do COE no SF e SI, respectivamente. Em comparação com os valores praticados em outros países, o preço dos alevinos no Brasil (US\$ 1,43 por unidade) pode ser visto como elevado, o que pode ser considerado normal em uma indústria em processo inicial de desenvolvimento. Sanches *et al.* (2013) analisaram a viabilidade da produção de alevinos de beijupirá no Brasil e concluíram que essa atividade só seria economicamente viável se o valor de venda fosse superior a US\$ 1,00 por unidade, desde que a sobrevivência na larvicultura fosse maior que 10%. Ocorrendo a consolidação da aquicultura do beijupirá, o número de produtores de alevinos deverá aumentar, levando à competição entre fornecedores e à provável queda desse valor. Processo similar foi relatado por Firretti *et al.* (2007) com o preço de venda de alevinos de tilápia no Estado de São Paulo. Segundo esses autores, no período de 1996 a 2006, houve uma diminuição de 26,4% no preço dos alevinos, o que se deveu à maturidade tecnológica do processo produtivo, à competitividade entre os fornecedores e ao aumento da oferta.

A mão de obra foi o terceiro item mais importante na formação do custo operacional total do SI. Como a piscicultura marinha é uma atividade relativamente recente no Brasil, há falta de equipamentos especializados e de pessoal com experiência em operações *offshore*, o que poderia reduzir significativamente os custos com mão de obra. Outra questão importante é a necessidade de se adaptar a legislação trabalhista

no que se refere à autoridade marítima, que foi estabelecida sem considerar as operações de aquicultura *offshore* (CAVALLI *et al.*, 2011).

Aplicando a análise de sensibilidade na avaliação dos custos de produção e o impacto da alimentação na produção de peixes marinhos, Kam *et al.* (2003) e Lipton e Kim (2007) relataram que uma menor CAA pode reduzir significativamente os custos de produção. Nesse estudo, a análise de sensibilidade confirmou que os custos de alimentação e CAA são fundamentais para a viabilidade econômica da criação do beijupirá, sendo capazes de levar à mudança de um cenário negativo para um positivo. Portanto, o gerenciamento eficaz das práticas de alimentação é crucial para a viabilidade econômica da produção do beijupirá. De uma perspectiva de gerenciamento da alimentação, práticas como treinamento de pessoal, incluindo o armazenamento e o manuseio da ração; a definição de taxas e a frequência de alimentação; e o uso de sistemas de alimentação automáticos ou semiautomáticos e de sistemas subaquáticos para monitorar a ingestão da ração pelos peixes podem melhorar o gerenciamento da alimentação e resultar na diminuição da CAA, como observado na criação de salmões (SARKER *et al.*, 2013). Infelizmente, apesar do potencial de redução da pressão econômica e ambiental da piscicultura marinha, até o momento relativamente poucos estudos foram realizados para estabelecer práticas adequadas de manejo na alimentação do beijupirá (FRASER; DAVIES, 2009; CAVALLI, GARCIA, 2012; COSTA-BOMFIM *et al.*, 2013).

A sobrevivência ao longo do ciclo de produção e, conseqüentemente, a produtividade final podem levar ao lucro ou a perdas financeiras na criação de peixes marinhos (KAM *et al.*, 2003). Neste estudo, o SI não seria economicamente viável com uma produtividade de 6,3 kg m⁻³ ou uma sobrevivência inferior a 65%. Como a qualidade dos alevinos afeta diretamente a sobrevivência e a produção final, a escolha do fornecedor de alevinos é fundamental para o sucesso da atividade. O sucesso na aquicultura do beijupirá na China e em Taiwan está diretamente ligado à existência de laboratórios que produzem alevinos de qualidade (HUANG *et al.*, 2011), o que também é o caso na produção de *Oplegnathus fasciatus* na Coreia do Sul (LIPTON; KIM, 2007). Portanto, a aquicultura do beijupirá no Brasil depende do estabelecimento de centros de produção de alevinos, o que, pelo princípio da livre concorrência, acabará levando ao aumento da qualidade e à diminuição dos preços. No entanto, como a piscicultura marinha ainda não está consolidada no Brasil, a disponibilidade de alevinos ainda é um fator limitante, dado o pequeno número de laboratórios atualmente em operação.

Ambos os sistemas de produção (SI e SF) não seriam economicamente viáveis se o preço de venda do beijupirá fosse inferior a US\$ 8,62 kg⁻¹. A atividade só seria rentável com um preço de venda mais alto ou se o preço de venda de US\$ 6,90 kg⁻¹ fosse combinado com uma CAA de 1,5 ou uma sobrevivência superior a 80%. A diminuição no preço de venda devido ao aumento do volume de produção é um desenvolvimento bem conhecido e que tem sido observado em outras cadeias da aquicultura, como é o caso da tilápia (FIRRETTI *et al.*, 2007) e do salmão do Atlântico (XIE *et al.*, 2009). É provável que o mesmo aconteça com o beijupirá, e, portanto, a indústria deve estar preparada para investir na diversificação de ofertas de produtos e de valores, o que pode ajudar a garantir uma maior flexibilidade em termos de mercados e possíveis variações no fornecimento.

As condições de comercialização influenciam diretamente o preço de venda, o que, por sua vez, pode tornar a iniciativa economicamente viável. Dada a facilidade de acesso e o menor tamanho de suas unidades de produção, o SF pode ter uma vantagem de marketing sobre o SI. Por exemplo, o SF pode atender às vendas por encomenda com mais facilidade e, portanto, atender melhor às necessidades dos restaurantes locais e dos comerciantes de peixe. Uma vantagem adicional do SF é a possibilidade de vender peixes vivos. Esse atributo pode colocar o SF em uma posição de obter preços de venda mais altos que aqueles alcançados pela venda de grandes quantidades de peixes (KAM *et al.*, 2003). Tais benefícios podem ser melhorados, já que o momento das despescas pode ser planejado de modo a aproveitar uma eventual alta do preço do peixe no mercado.

Como o Brasil ainda tem uma experiência limitada em piscicultura marinha, uma estratégia adequada para o desenvolvimento dessa atividade pode ser através da promoção da implantação de fazendas de pequeno e médio portes e, em consequência disso, com um aumento gradual do volume de produção, do acúmulo de experiências e da capitalização dos produtores, o que é resultado da solidificação da cadeia produtiva. Nesse contexto, Miao *et al.* (2009) recomendaram que uma estratégia de investimento seria o estabelecimento de empresas de pequena escala em áreas costeiras, como ocorreu em Taiwan.

Dados os pressupostos deste estudo, a aquicultura do beijupirá em gaiolas no Brasil pode ser considerada economicamente viável tanto em sistemas de produção *offshore* como em sistemas familiares próximos à costa. A produção de beijupirá no SI foi mais sensível às flutuações na CAA, no preço de venda e na sobrevivência/produzitividade em comparação ao SF.

REFERÊNCIAS

- ARANA, L.V. **Aqüicultura e desenvolvimento sustentável**. Florianópolis: Editora da UFSC. 1999. 310p.
- BALDISSEROTTO, B. Produção de peixes nativos no Brasil nos últimos anos e perspectivas. In BALDISSEROTTO, B. (Ed.). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2020. p. 11-15, 2020.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**, 2ª ed. Santa Maria: Editora da UFSM. 2013. 608p.
- BENETTI, D.D. *et al.* Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701-711, 2008.
- BEVERIDGE, M. **Cage aquaculture**, 3ª ed. London: Blackwell Science. 2004. 380p.
- BOMBEO-TUBURAN, I. *et al.* Culture and economics of wild grouper (*Epinephelus coioides*) using three feed types in ponds. **Aquaculture**, v. 201, p. 229-240, 2001.
- BOSTOCK, J. *et al.* Aquaculture: global status and trends. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 365, p. 2897-1912, 2010.
- BRASIL. **Simples nacional e as responsabilidades na área rural** – Projeto Cidadania Rural/Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, 1ª ed. Brasília: Receita Federal do Brasil. 2012. 24p.
- CAMPOS, C.M. *et al.* Avaliação econômica da criação de tilápias em tanque-rede, município de Zacarias, SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 33, n. 2, p. 265-271, 2007.
- CARNEIRO, F.C.P.; MARTINS, M.I.E.G.; CYRINO, J.E.P. Estudo de caso da criação comercial da tilápia vermelha em tanque-rede: avaliação econômica. **Informações Econômicas**, v. 29, n. 8, p. 52-61, 1999.
- CAVALLI, R.O.; GARCIA, A.S. Exigências nutricionais e alimentação do beijupirá. In FRACALLOSSI, D.M., CYRINO, J.E.P. (Eds.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: AQUABIO. 2012. pp. 269-282.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 155-164, 2011.
- CERQUEIRA, V.R. Cultivo de peixes marinhos. In POLI, C.C.*et al.* (Eds.). **Aqüicultura – Experiências Brasileiras**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 2004. pp. 369-406.
- COSTA-BOMFIM, C.N. *et al.* The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 30, p. 135-139, 2013.
- DOMINGUES, E.C. *et al.* Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 2, p. 237-249, 2014.
- DRUMM, A. **Evaluation of the promotion of offshore aquaculture through a technology platform (OATP)**. Galway: Marine Institute. 2010. 46p.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Fishery and Aquaculture Statistics 1950-2018 (FishstatJ)**. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2020. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en

- FIRRETTI, R.; SALES, D.S.; GARCIA, S.M. Lucro com tilápia é para profissionais. In Instituto FNP. **Anualpec 2007 – Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP. 2007. 368p.
- FRASER, T.W.K.; DAVIES, S.J. Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 1219-1234, 2009.
- HOLT, G.J.; FAULK, C.; SCHWARZ, M. A review of the larviculture of cobia *Rachycentrom canadum*, a warmwater marine fish. **Aquaculture**, v. 268, p. 181-187, 2007.
- HUANG, C. *et al.* Study on regional production and economy of cobia (*Rachycentron canadum*) commercial cage culture. **Aquaculture International**, v. 19, p. 649-664, 2011.
- HUGUENIN, J.E. The design, operations and economics of cage culture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 16, p. 167-203, 1997.
- KAISER, M.J.; YU, Y.; SNYDER, B. Economic feasibility of using offshore oil and gas structures in the Gulf of Mexico for platform-based aquaculture. **Marine Policy**, v. 34, p. 699-707, 2010.
- KAM, L.E.; LEUNG, P.S. Financial risk analysis in aquaculture. In BONDAD-REANTASO, M.G.; ARTHUR, J.R.; SUBASINGHE, R.P. (Eds.). **Understanding and applying risk analysis in aquaculture** – FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 519. Rome: FAO. 2008. pp. 153-197.
- KAM, L.E.; LEUNG, P.S.; OSTROWSKI, A.C. Economics of offshore aquaculture of Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) in Hawaii. **Aquaculture**, v. 223, p. 63-87, 2003.
- KAPETSKY, J.M.; AGUILAR-MANJARREZ, J.; JENNESS, J. **A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective**. FAO Fisheries and aquaculture technical paper no. 549. Rome: FAO. 2013. 181p.
- KIM, J.H. *et al.* Detection of major bacterial and viral pathogens in trash fish used to feed cultured flounder in Korea. **Aquaculture**, v. 272, p. 105-110, 2007.
- LIAO, I.C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Taipei: Asian Fisheries Society. 2007. 178p.
- LIMA, F. 2009. **Estado realiza operação pioneira**. Jornal do Commercio, Recife, pp. 8. Economia, 25.10.2009.
- LIPTON, D.W.; KIM, D.H. Assessing the economic viability of offshore aquaculture in Korea: an evaluation based on rock bream, *Oplegnathus fasciatus*, production. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, p. 506-515, 2007.
- LISAC, D.; MUIR, J. Comparative economics of offshore and mariculture facilities. In MUIR, J.; BASURCO, B. (Eds.). **Mediterranean offshore mariculture**. Zaragoza: CIHEAM. 2000. pp. 203-211.
- MARTIN, N.B. *et al.* Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.E.N. Metodologia de custo utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, p. 123-139, 1976.
- MEGLIORINI, E.; VALLIM, M.A. **Administração financeira: uma abordagem brasileira**, 1ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2009. 251p.
- MIAO, S.; TANG, H.C. Bioeconomic analysis of improving management productivity regarding grouper *Epinephelus malabaricus* farming in Taiwan. **Aquaculture**, v. 211, p. 151-169, 2002.
- MIAO, S. *et al.* Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. **Aquaculture International**, v. 17, p. 125-141, 2009.
- NATALE, F.; FIORE, G.; HOFHERR, J. Mapping the research on aquaculture. A bibliometric analysis of aquaculture literature. **Scientometrics**, v. 90, p. 983-999, 2011.
- NGUYEN, Q.H. *et al.* 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. (Eds.). **Cage aquaculture in Asia: Proceeding of the second international symposium on cage aquaculture in Asia**. Manila: Asian Fishery Society. 2008. pp. 42-47.
- NHU, V.C. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. **Aquaculture**, v. 315, p. 20-25, 2011.

- PETERSEN, E.H. *et al.* Bioeconomics of cobia, *Rachycentron canadum*, aquaculture in Vietnam. **Aquaculture Economics and Management**, v. 18, p. 28-44, 2014.
- POSADAS, B.C.; HANSON, T.R. Economics of integrating nursery systems into indoor biosecure recirculating saltwater shrimp grow-out systems. In LEUNG, P.S.; ENGLE, C. (Eds.). **Shrimp culture: economics, market, and trade**. Ames: Blackwell Publishing. 2006. pp. 279-289.
- ROMBENSO, A.N. *et al.* **Avaliação do crescimento de beijupirá (*Rachycentron canadum*) alimentados com uma dieta comercial e peixe fresco**. Segunda conferencia Latinoamericana sobre cultivo de peces nativos. Chascomús, Argentina. 2009. pp. 55.
- SAMPAIO, L.A.N.; TESSER, M.B.; WASIELESKY JR., W. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 102-111, 2010.
- SAMPAIO, L.A.N. *et al.* Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L.) in near-shore cages off the Brazilian coast. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 832-834, 2011.
- SANCHES, E.G. *et al.* Viabilidade econômica do cultivo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. **Informações Econômicas**, v. 12, n. 38, p. 41-51, 2008.
- SANCHES, E.G.; TOSTA, G.A.M.; SOUZA-FILHO, J.J. Viabilidade econômica da produção de formas jovens de beijupirá (*Rachycentron canadum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 39, n. 1, p. 15-26, 2013.
- SARKER, P.K. *et al.* Sustainability issues related to feeding salmonids: a Canadian perspective. **Reviews in Aquaculture**, v. 5, p. 1-21, 2013.
- SCHMITTOU, H.R. **High density fish culture in low volume cages**, 1ª ed. Singapore: American Soybean Association. 1993. 79p.
- SCORVO, J.D.F.; MARTIN, N.B.; AYROZA, L.M.S. Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra 1996/97. **Informações Econômicas**, v. 28, n. 3, p. 41-60, 1998.
- SU, M.S.; CHIEN, Y.H.; LIAO, I.C. Potential of marine cage aquaculture in Taiwan: cobia culture. In LIAO, I.C.; LIN, C.K. (Eds.). **Cage Aquaculture in Asia** – Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia. Taipei: Asian Fisheries Society. 2000. pp. 97-109.
- WHITMARSH, D.J.; COOK, E.J.; BLACK, K.D. Searching for sustainability in aquaculture: an investigation into the economic prospects for an integrated salmon-mussel production system. **Marine Policy**, v. 30, p. 293-298, 2006.
- XIE, J.; KINNUCAN, H.W.; MYRLAND, O. Demand elasticities for farmed salmon in world trade. **European Review of Agricultural Economics**, v. 36, p. 425-445, 2009.
- ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In CYRINO, J.E.P. *et al.* (Eds.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: AQUABIO. 2004. pp. 239-266.

CAPÍTULO 13

VARIABILIDADE GENÉTICA EM PISCICULTURAS DO BEIJUPIRÁ NO BRASIL

Rodrigo Augusto Torres
Emilly Anny Benevides de Abreu
Lais Ferreira Novaes
Soraia Aguiar Barreto Fonteles
Mondrian Rodrigues de Sales
Maria Raquel Moura Coimbra

A biodiversidade do planeta é estimada em cerca de 13 milhões de espécies, das quais apenas 1,75 milhão foi reconhecida pelas práticas taxonômicas. Desse montante, 1,5 milhão é de espécies animais, e, nos últimos 20 anos, cerca de 13 mil espécies novas têm sido descritas a cada ano. Por outro lado, a perda de biodiversidade vem se acentuando a cada dia, devido à incessante intervenção humana nos ambientes, como alterações de habitats e introdução de espécies exóticas em ambientes selvagens sem o estabelecimento de programas de manejo e de monitoramento genético. Assim, é necessário conservar os recursos genéticos, tanto de espécies ameaçadas quanto de espécies de interesse econômico, para garantir e manter a diversidade intra e interespecífica.

As pesquisas genéticas têm contribuído para a elucidação de várias questões relativas à estruturação de populações de diversas espécies, à sua origem e às suas características peculiares, tais como sucesso reprodutivo, taxas de divergências genéticas entre populações, migração, tamanhos da população, seleção natural e eventos históricos. Os marcadores moleculares são as principais ferramentas desses estudos e permitem a caracterização da variabilidade e da estrutura genética nas populações.

A estrutura genética de uma população se refere à heterogeneidade na distribuição dos genótipos em uma escala geográfica ou temporal e à variabilidade entre e dentro de populações. O conhecimento da estrutura populacional pode ser útil no entendimento da identidade genética e do manejo das espécies, na orientação do manejo sustentável sobre espécies-alvo, no *status* de conservação (variabilidade genética), bem como na identificação de populações de cativeiro para exploração da heterose.

O beijupirá (*Rachycentron canadum*) é um peixe pelágico marinho e está distribuído nos oceanos tropicais e subtropicais do globo. Devido à natureza pelágica das larvas e ao deslocamento de jovens e adultos por longas distâncias, é esperado que o beijupirá apresente alto fluxo gênico entre os oceanos, favorecendo a conectividade e, conseqüentemente, a ausência de estruturação populacional global.

Em termos intraoceânicos, estudos genéticos no Atlântico Norte e Pacífico foram realizados para a espécie em diferentes localidades, identificando alta diversidade e diferentes níveis de estruturação populacional (GOLD *et al.*, 2013; JOY *et al.*, 2016). Entretanto, estudos genético-populacionais ainda não foram conduzidos no Atlântico Sul. Nesse sentido, essa região suscita o interesse em identificar uma possível estruturação populacional do ponto de vista genético, tanto para avaliar a diversidade e estruturação da espécie nas populações selvagens como para fornecer informações para as pisciculturas de beijupirá no Brasil, que constituem uma atividade relativamente recente.

Os maiores riscos genéticos na aquicultura incluem a perda da diversidade genética, podendo aumentar, sobremaneira, a consanguinidade, o que gera a perda de *fitness* (WAPLES *et al.*, 2012). Da mesma maneira, a exploração da heterose, através

do cruzamento de linhagens geneticamente distintas, é um outro aspecto que se beneficia da existência de plantéis de reprodutores de origens genéticas distintas nas pisciculturas. A heterose é o fenômeno em que a combinação favorável de caracteres dos parentais (de linhagens diferentes) gera progênies de primeira geração superiores em performance (GJEDREM, 2005). Por outro lado, os escapes de indivíduos da aquicultura também podem afetar as populações selvagens, tanto por cruzamento entre estes, levando, por exemplo, à introgressão genética (JORSTAD *et al.*, 2008; BOURRET *et al.*, 2011; GLOVER *et al.*, 2013), quanto por aspectos ecológicos, através de predação e competição por alimento e pela disseminação de parasitas e doenças (JONSSON; JONSSON, 2006; GRIGORAKIS; RIGOS, 2011).

Nesse contexto, este capítulo trata de uma avaliação da variabilidade e estruturação genéticas conduzida com material biológico proveniente de quatro centros de criação de beijupirá no Brasil, a fim de dimensionar se houve perda de diversidade genética nos indivíduos cultivados em um curto espaço de tempo (cultivo recente), assim como avaliar as possíveis diferenças na composição genética entre as pisciculturas, podendo revelar manejos distintos nos métodos de cruzamento e na seleção de matrizes.

Adicionalmente, o conhecimento aqui obtido poderá auxiliar na otimização dos acasalamentos em cativeiro, visando um maior controle sobre os níveis de consanguinidade e propiciando a manutenção da diversidade dos indivíduos cultivados, seja por cruzamentos programados, seja pela troca de reprodutores entre pisciculturas. Esse controle é de suma importância no planejamento de programas de conservação para a espécie, assim como em programas de melhoramento que visem o ganho animal a longo prazo ou a exploração da heterose.

Para esses fins, foram amostrados 97 juvenis oriundos de quatro centros de produção de beijupirá: Aqualíder (Pernambuco), Bahia Pesca (Bahia), Redemar (São Paulo) e Pousada Nautilus (Rio de Janeiro) em diferentes gerações e métodos de cruzamento (Tabela 13.1). Os tecidos obtidos foram retirados da região da nadadeira e do músculo, armazenados em etanol 96% com pureza para biologia molecular, a uma temperatura de -80 °C, em laboratório.

Tabela 13.1 – Localidades, siglas, números de indivíduos amostrados e gerações obtidas dos exemplares nos centros de produção de beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Empresa	Sigla	n	Geração
Bahia Pesca	BAC	30	F ₃ (oriundo de um cruzamento F ₂ com selvagens)
Aqualíder	PE	28	F ₂ (oriundo de um cruzamento F ₁ com selvagens)
Pousada Nautilus	RJ	12	F ₁ (reprodutores da BAC)
Redemar	SP	27	Informação não disponível
Total		97	

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

No tocante aos procedimentos moleculares, as extrações de DNA foram realizadas utilizando *kits* de extração DNAEasy (QIAGEN). Após a extração, os DNAs foram submetidos à eletroforese em gel de agarose 1% para verificar a integridade e pureza do material genético extraído. A concentração de DNA foi estimada em Nanovue Plus GE, e o DNA extraído, depois de quantificado, foi diluído em uma concentração padrão de 20 ng.µL⁻¹ para utilização em reações de PCR (*Polymerase chain reaction*; reação em cadeia da polimerase).

Os marcadores microssatélites utilizados neste estudo foram os mesmos já utilizados por Pruet *et al.* (2005) e Renshaw *et al.* (2005). As reações de PCR foram conduzidas utilizando-se as seguintes condições: desnaturação inicial a 94° C por 4 min, 35 ciclos sucessivos de desnaturação a 94 °C por 30 s, anelamento na temperatura específica do *primer* por 45 s, extensão a 72 °C por 1 min e extensão final a 72 °C por 40 min.

Cada reação continha 1 U de taq polimerase; 1X buffer; 200 μ M de cada dNTP; 2,5 mM de MgCl₂; 10 pmoles de cada *primer*; e 20 ng de DNA, com volume final de 10 μ l de reação.

Para a genotipagem, foi realizada PCR dos exemplares de todas as populações. O produto da PCR foi desnaturado por 5 min a 95 °C em formamida e submetido a análise por eletroforese no sequenciador automático ABI 3500. O tamanho dos fragmentos foi estimado com marcador interno GS600LIZ (Applied Biosystems) e no *software* GeneMapper 3.7 (Applied Biosystems). A análise dos dados moleculares das regiões microssatélites consistiu em obter diversos parâmetros, como número de alelos (N_a), heterozigosidades esperada (H_e) e observada (H_o), coeficiente de endocruzamento (F_{IS}), desvios do desequilíbrio de ligação e do equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE). Os desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg e o desequilíbrio de ligação foram corrigidos pelo método de Bonferroni (RICE, 1989). Tais parâmetros foram obtidos por meio do *software* Genepop 4.0 (RAYMOND; ROUSSET, 1995),

O número de alelos efetivos (A_e), ou seja, aqueles que efetivamente passaram à geração seguinte, assim como o número de alelos privados, únicos de cada população, foram obtidos pelo programa GenAlEx 6.1 (PEAKALL; SMOUSE, 2006). Também foi observada a existência de alelos raros, que são os que apresentam frequência menor que 5% na população. Para testar a ocorrência de alelos nulos (A_n), foi utilizado o *software* Micro-checker (OOSTERHOUT *et al.*, 2004).

A análise de variância molecular (Amove), o coeficiente de diferenciação genética global F_{ST} e também os índices par a par de F_{ST} e R_{ST} foram estimados usando o *software* Arlequin 3.5 (EXCOFFIER; LISCHER, 2010). O R_{ST} , análogo às estatísticas de F_{ST} , incorpora um modelo de mutação gradual para estimar diferenciação populacional (SLATKIN, 1995).

O Structure versão 2.3.4 (PRITCHARD *et al.*, 2000) foi utilizado para identificar os perfis (K) de estruturação genética entre as populações de beijupirá por meio de um algoritmo baseado em agrupamento, pelos parâmetros: *Admixture Model*, *Length of Burn in Period*: 10.000, *number of MCMC* (Markov Chain Monte Carlo) repetições *after Burn in*: 100.000 e dez réplicas para cada valor de K estimado (K=1, 2, 3,..., 12). O valor de K foi obtido pelo método proposto por Evanno *et al.* (2005), utilizando a *webpage Structure Harvester* (EARL; VONHOLDT, 2012).

Os dados obtidos por Benevides de Abreu (2016) nas populações selvagens de beijupirá para os mesmos *loci* microssatélites foram utilizados apenas para a construção de um gráfico comparativo com as heterozigosidades médias e para a tabela de frequências dos alelos (GenAlEx 6.1), nos índices de diferenciação F_{ST} e R_{ST} par a par (Arlequin) e no Structure, a título de comparação com os centros de piscicultura aqui analisados.

A variabilidade genética nos *loci* microssatélites para os quatro centros de piscicultura (97 indivíduos) pode ser visualizada na Tabela 13.2. O número de alelos por *locus* variou de 2 a 14, com uma média de 3,8 alelos em todas as pisciculturas analisadas e média de 6,6 em todos os *loci*. Os alelos que efetivamente passarão à geração seguinte (A_e) variaram de 1 a 7,86, com valor médio de 2. Alelos nulos foram observados na Bahia Pesca (BAC) e Aqualíder (PE) no *locus* A11.

Para todas as amostras, foi obtido um número total de 79 alelos, sendo os *loci* D04 e B12 os que apresentaram o menor número de alelos ($N_a = 2$); e H09, o maior número de alelos ($N_a = 14$).

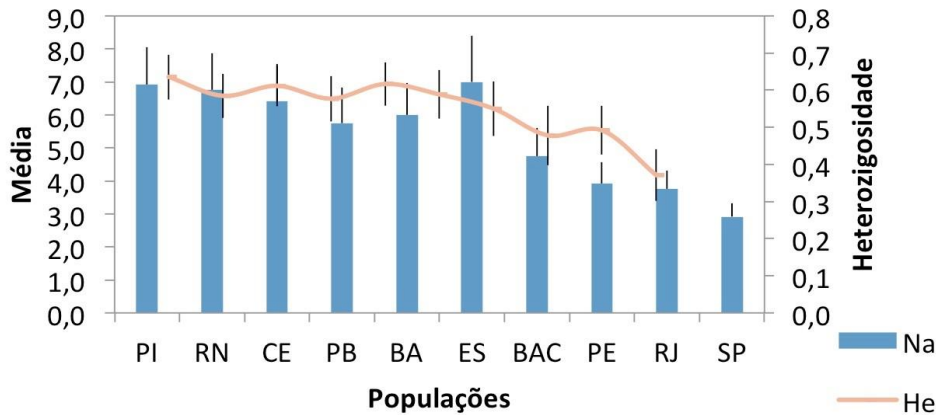
As heterozigosidades esperadas variaram de 0 (RJ, *locus* D04) a 0,873 (BAC, *locus* F06), com valor médio de 0,47. Já as observadas variaram de 0 (RJ, *locus* D04) a 0,933 (BAC, *locus* H09), com média de 0,52 (Tabela 13.2). A maior média de heterozigosidade esperada para todos os *loci* foi na BAC (0,550), enquanto o menor valor foi 0,371, em SP. A Figura 13.1 traz uma comparação das heterozigosidades médias e o número de alelos entre as pisciculturas aqui analisadas e as populações selvagens analisadas por Benevides de Abreu (2016).

Tabela 13.2 – Síntese dos dados da variabilidade genética observados nos centros de piscicultura de beijupirá (*Rachycentron canadum*) para os *loci* microssatélites analisados (N = número de indivíduos; Na = número de alelos; Ae = número de alelos efetivos; Ho = heterozigosidade observada; He = heterozigosidade esperada; Fis = coeficiente de endocruzamento; HWE = Equilíbrio de Hardy-Weinberg; ns = estatisticamente não significativo; * = estatisticamente significativo).

	Loci microssatélites												Média
	D04	H04	A10	H09	A11	B12	G05	F06	C06	C04	D11	A04	
<i>Bahia Pesca – BAC</i>													
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Na	2	4	3	8	7	2	2	11	7	6	2	3	4,75
Ae	1,6	2,773	2,095	6,569	3,529	1,6	1,18	7,86	5,217	3,879	1,514	1,265	3,25
Ho	0,500	0,800	0,500	0,933	0,567	0,367	0,100	0,900	0,667	0,733	0,433	0,233	0,561
He	0,375	0,639	0,523	0,848	0,717	0,375	0,153	0,873	0,808	0,742	0,339	0,209	0,550
Fis	-0,31	-0,24	0,06	-0,09	0,22	0,04	0,37	-0,02	0,19	0,03	-0,26	-0,10	-0,01
HWE	ns	*	ns	*	Ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	
<i>Aqualíder – PE</i>													
N	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Na	2	3	3	8	4	2	2	6	7	6	2	2	3,92
Ae	1,036	2,649	2,099	4,261	2,477	1,938	1,074	4,041	2,975	3,621	1,882	1,036	2,42
Ho	0,036	0,714	0,571	0,714	0,393	0,679	0,071	0,821	0,75	0,929	0,464	0,036	0,515
He	0,035	0,622	0,524	0,765	0,596	0,484	0,069	0,753	0,664	0,724	0,469	0,035	0,478
Fis	0,00	-0,13	-0,08	0,08	0,35	-0,39	-0,02	-0,08	-0,12	-0,27	0,02	0,00	-0,05
HWE	*	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	
<i>Pousada Nautilus – RJ</i>													
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Na	2	4	2	8	3	2	5	6	5	4	2	2	3,75
Ae	1,087	1,419	1,28	5,538	2,642	1,8	2,504	3,84	2,25	3,789	1,704	1,6	2,45
Ho	0,083	0,25	0,25	0,917	0,667	0,333	0,833	0,750	0,667	0,833	0,583	0,333	0,542
He	0,08	0,295	0,219	0,819	0,622	0,444	0,601	0,740	0,556	0,736	0,413	0,375	0,492
Fis	0,00	0,20	-0,11	-0,08	-0,02	0,29	-0,35	0,03	-0,16	-0,09	-0,38	0,16	-0,04
HWE	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	
<i>Redemar – SP</i>													
N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Na	1	2	2	4	3	2	2	6	3	5	3	2	2,92
Ae	1	1,976	1,715	2,922	1,874	1,934	1,117	3,089	1,119	2,536	1,597	1,077	1,83
Ho	0,000	0,889	0,593	0,667	0,667	0,667	0,111	0,741	0,111	1,000	0,481	0,074	0,500
He	0,000	0,494	0,417	0,658	0,466	0,483	0,105	0,676	0,106	0,606	0,374	0,071	0,371
Fis	-	-0,8	-0,42	-0,01	-0,43	-0,38	-0,06	-0,1	-0,04	-0,65	-0,29	-0,04	-0,27
HWE	*	*	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	
TOTAL													
N	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
Na	2	6	4	14	8	2	7	12	10	8	3	3	6,6
Ho	0,154	0,663	0,478	0,807	0,573	0,511	0,278	0,803	0,548	0,873	0,490	0,169	0,529
He	0,122	0,512	0,420	0,772	0,600	0,446	0,232	0,760	0,533	0,702	0,398	0,172	0,472
Fis	-	-0,24	-0,14	-0,02	0,03	-0,11	-0,01	-0,04	-0,03	-0,24	-0,23	0,005	-0,09

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Figura 13.1 – Média do número de alelos (Na) e heteroziguidade (He) nas populações de beijupirá (*Rachycentron canadum*). Os dados do Piauí (PI), do Rio Grande do Norte (RN), do Ceará (CE), da Paraíba (PB), da Bahia (BA) e do Espírito Santo (ES) são de exemplares selvagens obtidos de Benevides de Abreu (2016), enquanto os da BAC, de PE, do RJ e de SP se referem aos centros de piscicultura.



Fonte: Elaborado pelos autores do capítulo

O desvio do equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE), pela correção de Bonferroni (RICE, 1989), foi significativo em pelo menos três *loci* em todas as pisciculturas analisadas ($p < 0,05$) (Tabela 13.2). As análises de desequilíbrio de ligação, também corrigidas por Bonferroni (RICE, 1989), não foram significativas em nenhum *locus*. O valor médio de F_{IS} foi de -0,09 para todos os *loci* em todas as localidades. Os valores de F_{IS} para cada *locus* nas pisciculturas podem ser visualizados na Tabela 13.2.

A análise de variância molecular (Amovea – Tabela 13.3) mostrou que a maior porcentagem de variação foi atribuída a diferenças intrapopulacionais (96%). O índice de fixação F_{ST} global obtido foi de 0,12, indicando um moderado grau de diferenciação. Os valores de F_{ST} e R_{ST} par a par (Tabela 13.4) foram similares, com menor valor entre os selvagens e a Bahia Pesca (BAC) e maior entre as demais comparações (selvagens e pisciculturas e entre as pisciculturas).

Tabela 13.3 – Resultados obtidos de estruturação genética global nas estações de pisciculturas de beijupirá (*Rachycentron canadum*) (g.l. = graus de liberdade).

Fontes de variação	g.l.	Soma dos quadrados	Componentes da variância	% da variação
Entre as populações	3	65,578	0,40883 Va	12,40
Entre os indivíduos dentro das populações	93	242,371	-0,28198 Vb	-8,55
Dentro dos indivíduos	97	307,500	3,17010 Vc	96,15
Total	193	615,449	3,29695	
Índice de fixação	F_{IS} :	-0,09764	$p = 0,99$	
	F_{ST} :	0,12400	$p = 0,00$	
	F_{SC} :	0,03847	$p = 0,44$	

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Tabela 13.4 – Índices F_{ST} e R_{ST} par a par obtidos para as populações de beijupirá (*Rachycentron canadum*) pelos *loci* microssatélites.

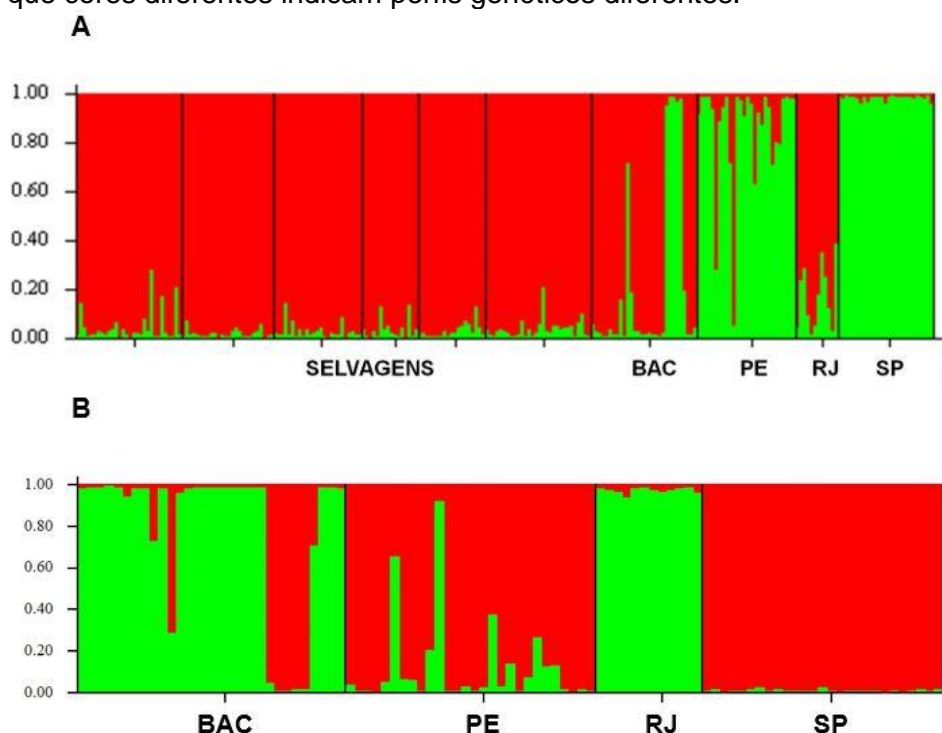
	Selvagens	BAC	PE	RJ	SP
Selvagens	-	0,03372	0,12894	0,12855	0,22553
BAC	0,03262**	-	0,09056	0,13121	0,17608
PE	0,11421**	0,08304**	-	0,19555	0,08715
RJ	0,11391**	0,11599**	0,16356**	-	0,26214
SP	0,18402**	0,14972**	0,08017**	0,20769**	-

F_{ST} – abaixo da diagonal; R_{ST} – acima da diagonal; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$. BAC, PE, RJ, SP = estações de pisciculturas.

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

O resultado relativo ao teste de estruturação populacional, pela análise bayesiana, revelou um K igual a duas populações genéticas com particionamento diferenciado da variação nas pisciculturas (Figura 13.2). Os dados apontam para uma parcial modificação dos perfis genéticos dos exemplares das pisciculturas, quando comparados com os perfis dos animais selvagens (Figura 13.2A). Os exemplares da Bahia Pesca (BAC), assim como aqueles do Rio de Janeiro (RJ), são os que mais se assemelham à população selvagem. Já aqueles das pisciculturas SP e PE se mostraram com uma estrutura genética mais diferente quando comparados aos selvagens. O mesmo padrão se replica na comparação apenas entre o plantel das pisciculturas, indicando as pisciculturas SP e PE mais similares entre si e diferentes geneticamente dos exemplares das pisciculturas BAC e RJ, que por sua vez se assemelharam mais entre si.

Figura 13.2 – Simulações bayesianas do número de K (K = 2) perfis genéticos de beijupirá (*Rachycentron canadum*) perante os marcadores microssatélites – BAC, PE, RJ, SP = estações de piscicultura conforme a Tabela 13.2. Em (A), a comparação com os selvagens; em (B), apenas entre as estações de piscicultura. Note que cores diferentes indicam perfis genéticos diferentes.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

DIVERSIDADE GENÉTICA

A diversidade genética para todas as pisciculturas, tanto em termos de heterozigosidade (H_e , H_o) quanto em número de alelos (N_a), foi similar e indicou valores de baixa a moderada variabilidade para os indivíduos do cativeiro, sendo menor que os valores obtidos nas populações selvagens em outras partes do mundo (SALARI-ALIABADI *et al.*, 2008, 2009; GOLD *et al.*, 2013; PHINCHONGSAKULDIT *et al.*, 2013; JOY *et al.*, 2016). Segundo Moreira *et al.* (2007), a perda de diversidade nas populações mantidas em cativeiro, quando comparadas com populações selvagens, é esperada e ocorre principalmente pelos efeitos de deriva genética e da seleção direcional artificial. Nesse sentido, os resultados apontam para perda de variabilidade no cativeiro, apesar do pouco tempo de cultivo.

Ao analisarmos, isoladamente, a diversidade genética em cada piscicultura, foram observados diferentes níveis de variação. A piscicultura Bahia Pesca apresentou

a maior variabilidade genética, a qual se deve principalmente ao cruzamento de indivíduos cultivados com matrizes selvagens. A mesma estratégia da BAC parece ter sido realizada em PE (cruzamento de uma geração de cativeiro com selvagens). Entretanto, no caso de PE não foram observados melhores níveis de diversidade, provavelmente devido ao pequeno número de exemplares selvagens utilizados. Já para a Redemar (SP), foram observados os menores níveis de diversidade genética, com ausência desta para alguns *loci* msat ($H_e/H_o = 0,00$).

Segundo Petersen *et al.* (2012), diferenças entre os níveis de diversidade em centros de aquicultura podem ser decorrentes dos diferentes históricos de manejo que aconteceram na reprodução, como o número efetivo de reprodutores utilizados em cada geração, assim como a ausência de um sistema de registro de *pedigrees*. Tal afirmação é apoiada pelos resultados aqui obtidos e indica a necessidade de estudos genéticos para a seleção das matrizes.

A marcação individual de matrizes em piscicultura através do uso de PIT *tags* pode auxiliar em muito o manejo de reprodutores, evitando o acasalamento entre indivíduos aparentados e privilegiando acasalamentos entre indivíduos com alelos raros a fim de impedir o desaparecimento destes. A marcação também permite o rastreamento de parentais dominantes, aqueles que participam em maior frequência e têm maior representatividade nas desovas, o que é imprescindível na determinação da razão sexual ideal (2:1; 3:1), maximizando o tamanho efetivo populacional no cativeiro.

ESTRUTURAÇÃO GENÉTICA

As análises interpopulacionais e de estruturação revelaram diferenciação genética entre as pisciculturas amostradas. A Amova revelou alta estruturação significativa ($F_{ST} = 0,12$) com maior fonte de variação entre as populações. Cabe perceber que muito da diferenciação genética observada na Amova se deve à população de beijupirás do RJ, que apresenta um perfil genético tipicamente diferente dos demais (Figura 13.2).

As diferenças genéticas relatadas para as quatro pisciculturas apontam um caminho a ser explorado, a heterose. A troca de matrizes entre as pisciculturas aqui analisadas poderia proporcionar ganhos de crescimento ou de rusticidade superiores aos parentais. A performance depende, em primeiro lugar, do grau de distinção entre as linhagens e, em segundo lugar, do gênero, isto é, algumas linhagens são melhores provedoras de machos reprodutores; enquanto outras, de fêmeas reprodutoras (EKNATH *et al.*, 2007). Uma planilha de cruzamentos poderia identificar as melhores combinações, e novamente a marcação individual é essencial nesse processo. Tomando como base a Tabela 13.4 e a Figura 13.2, as diferenciações mais discrepantes que poderiam ser exploradas quanto à heterose nas pisciculturas são cruzamentos entre os reprodutores de SP e RJ, do RJ e de PE, de SP e da BAC e de PE e da BAC, além da possibilidade de explorar a heterose em cruzamentos promovidos entre os indivíduos do cativeiro e os selvagens.

Uma eventual preocupação a respeito da diferenciação entre as pisciculturas e os indivíduos selvagens, além da perda de diversidade entre esses estoques, é que escapes generalizados de um ou de alguns indivíduos dos centros de aquicultura, além de seus ovos e larvas, podem levar à substituição de padrões existentes nas populações selvagens (WAPLES *et al.*, 2012). Estudos com o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) indicaram que o cruzamento de exemplares fugitivos do cativeiro alteraram significativamente a integridade genética em populações selvagens, incluindo possível perda de adaptação às condições locais (BOURRET *et al.*, 2011; GLOVER *et al.*, 2013). No bacalhau do Atlântico criado na Noruega, foi observado que a reprodução está ocorrendo nas gaiolas, levando o material genético (ovos e larvas) para o meio ambiente. Como as populações selvagens de bacalhau em águas costeiras da Noruega estão drasticamente reduzidas, estas são particularmente vulneráveis à interação genética com o bacalhau dos viveiros no meio natural (JORSTAD *et al.*, 2008; GLOVER *et al.*, 2011).

No Brasil, existem relatos de liberação de alevinos, obtidos junto à empresa Camanor, na costa do Estado do Rio Grande do Norte por um projeto de repovoamento da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Além disso, uma liberação acidental de juvenis ocorreu na costa de Pernambuco, em função da colisão, em 2010, de uma embarcação com uma das gaiolas de criação da Aqualíder, onde estavam estocados milhares de beijupirás. Pelas evidências apresentadas, a diferenciação poderia afetar as populações selvagens. Nesse sentido, vale ressaltar que, em muitas espécies marinhas, a diversidade entre as populações tem evoluído ao longo de muitas centenas de milhares de anos e, uma vez perdida, pode não ser facilmente regenerada (WAPLES *et al.*, 2012).

A despeito de se tratar de um cultivo incipiente no Brasil, é possível notar que a seleção exercida nas pisciculturas já foi suficiente para distingui-las, pelo menos parcialmente, do ponto de vista genético. Essa distinção pode ser vantajosa na exploração da heterose visando caracteres como crescimento e rusticidade por meio da troca de matrizes.

REFERÊNCIAS

- BENEVIDES DE ABREU, E.A. **Diversidade genética populacional do beijupirá (*Rachycentron canadum*; Perciformes: Rachycentridae)**: estruturação inter-oceânica e estimativa da variabilidade genética nas pisciculturas. 2016. 146f. Tese (Doutorado). Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.
- BOURRET, V. *et al.* Temporal change in genetic integrity suggests loss of local adaptation in a wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) population following introgression by farmed escapees. **Heredity**, v. 106, n. 3, p. 500-510, 2011.
- EARL, D.A.; VONHOLDT B.M. Structure Harvester: a website and program for visualizing structure output and implementing the Evanno method. **Conservation Genetics Resources**, v. 4, n. 2, p. 359-361, 2012.
- EKNATH, A.E. *et al.* Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. **Aquaculture**, v. 273, p. 1-14, 2007.
- EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular Ecology**, v. 14, p. 2611-2620, 2005.
- EXCOFFIER, L.; LISCHER, H.E.L. Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. **Molecular Ecology Resources**, v. 10, p. 564-567, 2010.
- GJEDREM, T. **Selection and breeding programmes in aquaculture**. Springer-Verlag, Berlin, p. 150, 2005.
- GLOVER, K.A.; DAHLE, G.; JORSTAD, K. E. Genetic identification of farmed and wild Atlantic cod, *Gadus morhua*, in coastal Norway. **ICES Journal of Marine Science**, v. 68, n. 5, p. 901-910, 2011.
- GLOVER, K.A. *et al.* Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs. **BMC Genetics**, v. 14, p. 74, 2013.
- GOLD, J.R. *et al.* Population genetic comparisons among cobia from the Northern Gulf of Mexico, U.S. Western Atlantic, and Southeast Asia. **North American Journal of Aquaculture**, v. 75, n. 1, p. 57-63, 2013.
- GRIGORAKIS, K.; RIGOS, G. Aquaculture effects on environmental and public welfare – the case of Mediterranean mariculture. **Chemosphere**, v. 855, p. 899-919, 2011.
- JONSSON, B.; JONSSON, N. Cultured Atlantic salmon in nature: a review of their ecology and interaction with wild fish. **ICES Journal of Marine Science**, v. 63, p. 1162-1181, 2006.
- JORSTAD, K.E. *et al.* "Escapes" of eggs from farmed cod spawning in net pens: Recruitment to wild stocks. **Reviews in Fisheries Science**, v. 16, n. 1-3, p. 285-295, 2008.
- JOY, L. *et al.* Weak genetic differentiation in cobia, *Rachycentron canadum* from Indian waters as inferred from mitochondrial DNA ATPase 6 and 8 genes. **Mitochondrial DNA**, v. 27, n. 4, p. 2819-2821, 2016.

- MOREIRA, A.A. *et al.* Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 4, p. 521-526, 2007.
- OOSTERHOUT, C.V. *et al.* MICRO-CHECKER: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. **Molecular Ecology Notes**, v. 4, p. 535-538, 2004.
- PEAKALL, R.; SMOUSE, P.E. GenAIEx 6: Genetic Analysis in Excel Population genetics software for teaching and research. **Molecular Ecology Notes**, v. 6, p. 288-295, 2006.
- PETERSEN, R.L. *et al.* Análise da diversidade genética de tilápias cultivadas no estado de Santa Catarina (Brasil) utilizando marcadores microssatélites. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 4, p. 313-321, 2012.
- PHINCHONGSAKULDIT J. *et al.* Population genetics of cobia (*Rachycentron canadum*) in the Gulf of Thailand and Andaman Sea: Fisheries management implications. **Aquaculture International**, v. 21, p. 197-217, 2013.
- PRITCHARD, J.K.; STEPHENS, M.; DONNELLY, P. Inference of population structure using multilocus genotype data. **Genetics**, v. 155, p. 945-959, 2000.
- PRUETT, C.L. *et al.* Microsatellite DNA markers for population genetic studies and parentage assignment in cobia, *Rachycentron canadum*. **Molecular Ecology Notes**, v. 5, p. 84-86, 2005.
- RAYMOND, M.; ROUSSET, F. GENEPOP (Version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. **Journal of Heredity**, v. 86, p. 248-249, 1995.
- RENSHAW, M.A. *et al.* Microsatellite markers for cobia, *Rachycentron canadum*. **Gulf of Mexico Science**, v. 23, p. 248-251, 2005.
- RICE, W.R. Analyzing tables of statistical tests. **Evolution**, v. 43, p. 223-225, 1989.
- SALARI-ALIABADI, M.A. *et al.* Microsatellite polymorphism in Iranian populations of cobia (*Rachycentron canadum* G.). **Biotechnology**, v. 7, p. 775-780, 2008.
- SALARI-ALIABADI, M.A. *et al.* Population genetic structure of cobia, *Rachycentron canadum* revealed by microsatellite markers. **JABS**, v. 3, p. 103-107, 2009.
- SLATKIN, M. A measure of population subdivision based on microsatellite allele frequencies. **Genetics**, v. 139, p. 457-462, 1995.
- WAPLES, R.S.; HINDAR, K.; HARD, J.J. Genetic risks associated with marine aquaculture. U.S. Dept. Commerce. **NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-119**, p. 149, 2012.

CAPÍTULO 14

TECNOLOGIAS DE INSENSIBILIZAÇÃO E ABATE DE PEIXES

Sheyla Cristina Vargas
Elisabete Maria Macedo Viegas

A orientação sobre a qualidade de carne se tornou mais importante quando os produtores passaram a se dedicar na busca de harmonia entre as características do produto e as exigências dos consumidores. A consciência do consumidor a respeito da qualidade não se limita às características intrínsecas do produto, mas também considera as características extrínsecas, tais como meio ambiente e aspectos relacionados ao bem-estar animal (LAMBOOIJ *et al.*, 2008).

Há algumas décadas, o abate de animais era considerado uma operação tecnológica de baixo nível científico e não se constituía em um tema pesquisado seriamente por universidades, institutos de pesquisa e indústrias. A tecnologia do abate de animais destinados ao consumo somente assumiu importância científica quando se observou que os eventos que se sucediam desde a propriedade rural até o abate do animal tinham posteriormente grande influência na qualidade da carne.

Nos países desenvolvidos, há uma demanda crescente por processos denominados abates humanitários, sendo criadas organizações voltadas para o bem-estar dos animais, como a American Society for the Prevention of Cruelty to Animals (ASPCA) e a Humane Slaughter Association (HSA), ambas americanas (SILVEIRA, 2001). Essa preocupação é mais recente no Brasil, onde a legislação aborda apenas aspectos relacionados às práticas de abate das espécies terrestres voltadas para consumo. Para peixes, não são citadas práticas adequadas antes do abate nem quais métodos de abate podem garantir que os preceitos de bem-estar animal e manutenção da qualidade do produto final sejam aplicados aos peixes (VIEGAS *et al.*, 2012; VARGAS *et al.*, 2013).

Na verdade, não apenas o abate, mas todo o manejo pré-abate, deve seguir as normas que garantam um produto de melhor aceitação no mercado consumidor. O abate humanitário pode ser definido como um conjunto de procedimentos técnicos e científicos que garantam o bem-estar dos animais desde o embarque na propriedade rural até a operação de sangria no frigorífico. Além disso, o abate de animais deve ser realizado sem sofrimento desnecessário; e as condições humanitárias devem prevalecer em todos os momentos precedentes a essa atividade (BRASIL, 2000).

Outro aspecto que também vem ao encontro do conceito de abate humanitário são os métodos de criação e manejo dos animais. É o que se refere à “carne ética”, ou seja, o alimento produzido ou obtido de forma mais humanitária possível. Para que isso ocorra, é necessário que os animais não sofram nenhum tipo de dor ou injúria desnecessária nem estresse por períodos prolongados durante sua criação e abate (CONTE, 2004).

O abate dos animais não é restrito especificamente ao processo de sangria, mas também aos processos de pré-abate, que são, na maioria das vezes, os maiores responsáveis pelo comprometimento da carcaça e queda na qualidade da carne. De acordo com Barbosa Filho e Silva (2004), os alimentos ditos “éticos” são a nova vertente do mercado mundial de carnes.

A legislação brasileira determina que o abate humanitário deve ser considerado em todas as operações do período pré-abate com o objetivo de evitar desconforto e excitação dos animais ou reações de estresse. Além disso, as condições humanitárias devem prevalecer no ato do abate, de maneira que há vários critérios que definem um bom método de abate, podendo se citar (BRASIL, 2000):

- Os animais não devem ser tratados com crueldade.
- Os animais não podem ser estressados desnecessariamente.
- A sangria deve ser a mais rápida e completa possível.
- As contusões na carcaça devem ser mínimas.
- O método de abate deve ser higiênico, econômico e seguro para os operadores, com riscos mínimos.

Contudo, com exceção dos procedimentos de eutanásia de peixes utilizados em atividades de ensino ou de pesquisa científica (BRASIL, 2018), a legislação brasileira não contempla nenhum aspecto a respeito de métodos de abate para peixes, visto que esses animais não se enquadram nas suas definições no que se refere aos animais de açougue, tampouco quanto às metodologias de manejo, transporte e bem-estar. Essa situação ocorre devido à deficiência de informações científicas e à falta de sensibilidade dos produtores e do mercado consumidor quanto ao bem-estar de peixes (VIEGAS *et al.*, 2012; VARGAS *et al.*, 2013).

O objetivo deste capítulo é demonstrar quais práticas de manejo pré-abate e quais metodologias de abate de peixes têm sido investigadas atualmente e quais os resultados obtidos com algumas espécies de interesse comercial no Brasil, entre elas o beijupirá (*Rachycentron canadum*).

BEM-ESTAR E SENCIÊNCIA EM PEIXES

A aquicultura moderna, como outros setores zootécnicos, é uma atividade direcionada à produção de alimentos seguros de forma sustentável. Com o continuado crescimento da aquicultura industrial no mundo todo, aumentam as discussões sobre o potencial negativo que essa atividade pode gerar, tanto em termos de agressões ao meio ambiente quanto sobre o bem-estar animal. Pesquisas relacionadas aos efeitos dos procedimentos da aquicultura sobre o bem-estar são essenciais para produzir dados e recomendações sobre as melhores práticas e futuras legislações (VIEGAS *et al.*, 2012). Assim, é necessário que alguns conceitos sobre senciência e bem-estar animal sejam introduzidos para melhor entendimento das práticas de abate humanitário de peixes.

Senciência é a capacidade de ter consciência de sensações e sentimentos, ou seja, a capacidade de ter sentimentos subjetivos, sendo assim um pré-requisito para a discussão de bem-estar (PEDRAZZANI, 2007). No caso dos peixes, a senciência é percebida em alguns comportamentos, como, por exemplo, o que ocorre com tilápias durante a disputa por território. O escurecimento do corpo do animal perdedor demonstra a submissão ao seu oponente, o que causa a redução da agressividade deste sobre o peixe escurecido, evitando o prolongamento da luta. Portanto, o escurecimento do corpo ocorre pelo reconhecimento de indivíduos dominantes para evitar disputas. Esses comportamentos podem ser um indicativo de que os peixes conservam memórias e sugerem que possuem consciência (PEDRAZZANI *et al.*, 2008).

A questão da dor tem um enorme significado para o bem-estar animal, sendo uma causa importante de baixo grau de bem-estar. As estruturas do cérebro que transmitem a dor em outros vertebrados também são encontradas em peixes. Além disso, nas situações de risco, os peixes sentem-se estressados, reforçando a evidência de que podem sentir e reagir conscientemente a diferentes estímulos de maneira similar aos mamíferos, sob o ponto de vista da fisiologia e da psicologia (PEDRAZZANI *et al.*, 2008; SNEDDON, 2019).

Tendo em vista o avanço da aquicultura industrial, o potencial brasileiro para a produção e a comercialização de pescado em âmbito mundial e a demanda crescente por produtos saudáveis produzidos de maneira sustentável e respeitando os preceitos de bem-estar animal, fica evidente que o abate humanitário é uma prática que deve ser incorporada na produção aquícola, favorecendo a inserção de seus praticantes em um mercado muito promissor.

MÉTODOS DE ABATE DE PEIXES

As técnicas de abate de peixes têm sido alvo de inúmeros estudos, com vários objetivos, entre os quais os de promover o controle de qualidade, a eficiência e a segurança dos procedimentos (CONTE, 2004). Pesquisas são direcionadas visando minimizar o tempo necessário para levar à morte e implicitamente reduzir o medo e a dor que os animais possam sentir (LAMBOOIJ *et al.*, 2008). Alguns exemplos de métodos de abate incluem o atordoamento elétrico seguido de decapitação ou corte das brânquias, percussão craniana, choque térmico ou asfixia com a remoção do peixe da água (OLIVEIRA; GALHARDO, 2007).

O abate geralmente é um processo realizado em duas fases. Primeiramente, o animal é atordoado com o objetivo de mantê-lo insensível à dor. A morte, então, é induzida por vários métodos, que incluem o sangramento, parada do coração ou impedimento do acesso ao oxigênio. Essas duas fases podem ocorrer juntas; porém, quando ocorrem como operações distintas, o tempo de atordoamento para insensibilização deve ser minimizado, evitando a eventual recuperação da consciência antes que ocorra a morte (LINES *et al.*, 2003).

Os atordoamentos elétricos e percussivos, aplicados somente na cabeça, parecem ser, em geral, os métodos causadores de menor perturbação, a julgar por dados comportamentais, por indicadores de reflexos cerebrais e pela qualidade da carcaça. A morte por asfixia e a com recurso do gelo parecem ser os métodos menos aceitáveis, por expor os peixes a um período prolongado de sofrimento. Quando aplicados de forma correta, os métodos de abate podem causar pouco estresse, melhorando as propriedades físicas da carne, mantendo o equilíbrio do pH muscular, diminuindo a velocidade de entrada no *rigor mortis*, tendo como consequência um pescado de melhor qualidade (CONTE, 2004).

Uma ampla variedade de métodos de abate é utilizada na aquicultura, e cada um deles pode induzir a diversos níveis de estresse. Além disso, métodos de abate que são utilizados comercialmente, como a asfixia no ar e a imersão em solução de água salgada e gelo, envolvem períodos prolongados de consciência antes da morte (LAMBOOIJ *et al.*, 2003; POLI *et al.*, 2005; ASHLEY, 2007). A utilização de dióxido de carbono e o atordoamento elétrico foram usados no abate de peixes marinhos, porém ambos são considerados desumanos, com diminuição do pH da carne ou aceleração do início do estado de *rigor mortis* (POLI *et al.*, 2005; KNOWLES *et al.*, 2007).

Um dos métodos de insensibilização pré-abate mais usuais é a imersão do peixe em uma mistura de água e gelo (ASHLEY, 2007), com o abaixamento da temperatura da água para próximo de 1°C, o que afeta a atividade muscular, diminui a taxa de metabolismo e o consumo de oxigênio, finalmente imobilizando o peixe até que ocorra a sua morte (RIBAS *et al.*, 2007). A eficácia desse método varia conforme a diferença entre a temperatura da água utilizada para a insensibilização e a temperatura da água de criação. Por esse motivo, o choque térmico é mais fácil de ser aplicado em espécies de peixes de águas quentes (ACERETE *et al.*, 2009). Existem questionamentos em termos de bem-estar ao se utilizar esse procedimento como método de abate. Alguns trabalhos avaliam tanto questões de bem-estar dos peixes como sua relação com a qualidade do produto final (LAMBOOIJ *et al.*, 2006; SCHERER *et al.*, 2006; BAGNI *et al.*, 2007). O choque térmico pode tornar o peixe imóvel e aparentemente insensível, e o resfriamento rápido também mantém a qualidade da carne, mas não existem comprovações científicas de que a insensibilidade à dor de fato ocorra através do choque térmico. É possível que o peixe permaneça consciente, mas paralisado (ROBB *et al.*, 2002). Esse método ainda é o mais utilizado nas indústrias de beneficiamento de pescado em regiões de clima quente, devido, principalmente, à facilidade de aplicação e por oferecer resultados positivos em termos de qualidade do produto final.

O método de abate por sangria é realizado por perfuração ou corte das brânquias, com posterior mergulho do peixe em água gelada (1 °C) (LARSEN *et al.*, 2008). Para garantir o bem-estar animal, esse método pode ser realizado em conjunto

com prévia insensibilização com CO₂ (ROTH *et al.*, 2005), atordoamento elétrico (LAMBOOIJ *et al.*, 2008; ROTH *et al.*, 2007) ou choque térmico (LAMBOOIJ *et al.*, 2006). Entretanto, diversas indústrias utilizam a sangria sem nenhuma insensibilização prévia.

Os métodos de insensibilização ou atordoamento geralmente são seguidos de métodos complementares que provocam a morte dos peixes, como, por exemplo: pancada na cabeça (comumente utilizado em peixes de grande porte provenientes da pesca extrativa) ou perfuração cerebral por pistola de ar comprimido ou por objeto perfurocortante. Esses métodos, considerados complementares, somente são utilizados quando se pretende comercializar o peixe em filés ou postas, já que causam deformações na cabeça, tornando a aparência desagradável (POLI *et al.*, 2005).

Alguns métodos de atordoamento por eletronarcose ou por adição de gases em misturas de água e gelo, visando um abate mais eficiente, são aplicados por indústrias europeias para o abate de truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e salmão (*Salmo salar*). É prática comum na Europa, por exemplo, expor algumas espécies a um período prolongado de sofrimento com métodos de abate, como a imersão em gelo e asfixia no ar para o linguado (*Psetta maxima*), ou com o choque térmico, como acontece com o robalo (*Dicentrarchus labrax*) (PARISI *et al.*, 2003). Com métodos como esses, simples observações comportamentais isoladas, tal como o comportamento de fuga, podem indicar se os procedimentos são ideais em termos de bem-estar animal (KNOWLES *et al.*, 2008). O atordoamento elétrico imediatamente após a captura é visto como um método que promove o bem-estar do peixe no momento do abate, através da indução a um estado de inconsciência imediata, que persiste até que o animal seja morto (KNOWLES *et al.*, 2008).

No Reino Unido, alguns sistemas comerciais de abate de truta-arco-íris por estimulação elétrica colocam os peixes em um tanque onde a água recebe um campo elétrico de 50 Hz, suficientemente forte para produzir insensibilidade rápida. Esse sistema tem a vantagem de não ser necessário remover os peixes da água antes de serem insensibilizados ou mortos, o que diminui o estresse pré-abate (KNOWLES *et al.*, 2008).

Os parâmetros de qualidade de água e o tempo para insensibilização aparente de beijupirás submetidos a diferentes tipos de insensibilização pré-abate são apresentados na Tabela 14.1. Os métodos aplicados foram a eletronarcose, a hipotermia e a narcose por CO₂. A insensibilização aparente foi observada quando todos os peixes submetidos a cada tratamento se apresentavam com o ventre voltado para cima e sem apresentar movimentação de opérculos. No método de eletronarcose, esse fato foi observado rapidamente, pois em apenas dois segundos nenhum dos peixes apresentava qualquer sinal de movimento, porém, para garantia de que todos estivessem insensibilizados, a corrente foi mantida por três min.

Os animais insensibilizados por narcose por CO₂ levaram 31 min para deixar de apresentar movimentação e, durante todo esse tempo, apresentavam intensa tentativa de fuga e “boquejavam” na superfície da água. Depois desse período, alguns animais voltavam a apresentar atividade muscular vigorosa, movimentação de opérculo e movimentação ocular quando retirados da água para avaliação desses comportamentos, que só cessaram completamente aos 48 min de exposição ao CO₂. Além da acidificação do ambiente, a saturação do dióxido de carbono na água provavelmente torna o oxigênio indisponível para os peixes, uma vez que foi observado que os valores de oxigênio dissolvido encontravam-se dentro dos ideais para a espécie, apesar de os peixes apresentarem comportamento de asfixia.

Tabela 14.1 – Tempo para insensibilização aparente (IA), tempo de exposição ao método (EM) e variáveis de qualidade de água (Oxigênio dissolvido, OD, mg.L⁻¹; temperatura, Temp, °C; condutividade elétrica, CE, mS; pH; e salinidade, Sal) utilizados para diferentes métodos de insensibilização pré-abate de beijupirás (*Rachycentron canadum*) .

	IA	EM		OD	Temp	CE	pH	Sal
Eletronar cose	2 s	3 min	Início	8,12	23,4	0,7	7,6	0,03
			Final	8,12	23,4	0,7	7,6	0,03
Nar cose por CO ₂	31 min	48 min	Início	8,12	23,4	0,023	4,6	30
			Final	8,12	23,4	0,101	4,8	30
Hipotermia	17,5 min	17,5 min	Início	19,2	1,4	0,005	6,6	30
			Final	19,1	1,7	0,026	5,9	30

Fonte: Vargas, 2015

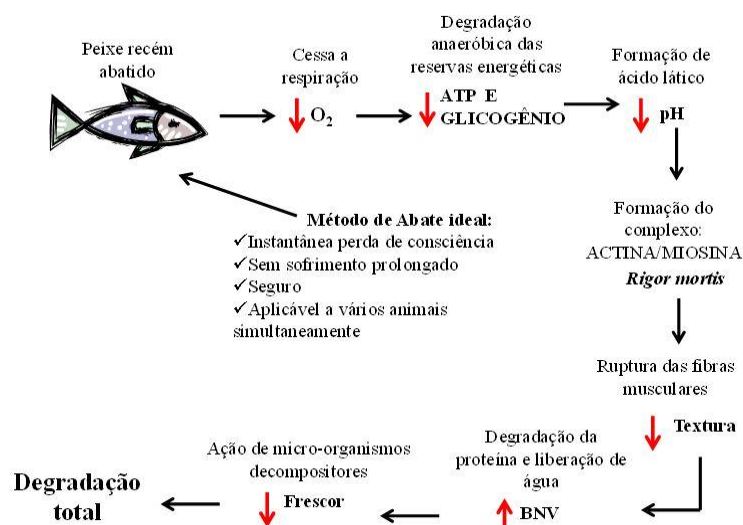
Na insensibilização por hipotermia, a temperatura da água foi mantida entre 1,4 e 1,7 °C durante toda a aplicação do tratamento. O oxigênio dissolvido na água apresentou valores bastante altos (início: 19,22 mg.L⁻¹; final: 19,18 mg.L⁻¹), como é esperado para água de baixa temperatura (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994). Os peixes abatidos por hipotermia apresentaram sinais de insensibilização aparente decorridos 17,5 min de exposição ao método; assim como ocorrido no tratamento de insensibilização através da nar cose por CO₂, é um tempo de exposição muito prolongado, que expõe o animal a sofrimento desnecessário, podendo comprometer a qualidade do produto final (VARGAS, 2015).

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PESCADO

O conceito de “qualidade do pescado” envolve inúmeros fatores, como, por exemplo, segurança, qualidade nutricional, disponibilidade, conveniência, integridade, frescor, sabor, entre outros. Também é dependente de características físicas mais relacionadas com a espécie, como o tamanho e também com o tipo de produto (filé, peixe inteiro, enlatado, salgado, etc.). O frescor do pescado é um fator fundamental para a qualidade do produto e pode ser descrito por vários indicadores físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos (HUSS, 1995; ÓLAFSDOTTIR *et al.*, 2004).

Após o abate, vários eventos químicos, físicos e microbiológicos ocorrem na musculatura dos peixes de forma sequencial e irreversível, e a quantidade de estresse imposta pelo método de abate é um dos fatores que irá influenciar a velocidade desses acontecimentos, favorecendo ou não a qualidade e a estabilidade do produto final, seja ele comercializado inteiro, em filé ou em postas, refrigerado ou congelado, embalado ou não. A Figura 14.1 apresenta essa seqüência de eventos.

Figura 14.1 – Sequência de eventos que ocorrem no peixe após o abate



Fonte: Modificado de Contreras-Guzmán, 2002

Alterações de pH

O pH é uma das variáveis físicas mais analisadas durante a avaliação da qualidade do pescado ao longo do tempo. Logo após o abate, o pH do músculo diminui desde a neutralidade, em torno de 7, até cerca de 6,2–6,5, devido ao acúmulo de ácido láctico, e aumenta em seguida, devido à formação das bases nitrogenadas provenientes da degradação de proteínas (CONTRERAS-GUZMÁN, 2002). Para melhor manutenção da qualidade do pescado, é desejável que o pH muscular permaneça ácido pelo máximo de tempo possível, retardando o seu aumento, que é o indicativo de perda de qualidade no caso desse parâmetro.

Quando os métodos de abate são aplicados de forma correta, ou seja, quando causam rápida perda de consciência e o mínimo de estresse, eles podem melhorar as propriedades físicas da carne, diminuindo a exaustão de energia muscular, produzindo menos ácido láctico, mantendo o equilíbrio do pH muscular e diminuindo a velocidade de entrada no *rigor mortis*, o que resulta em um pescado de melhor qualidade (CONTE, 2004).

A determinação da acidez é um dado valioso na apreciação do estado de conservação do pescado, pois o processo de decomposição, seja por hidrólise, degradação microbiológica, oxidação ou fermentação, quase sempre altera o pH.

Rigor mortis

O *rigor mortis* no pescado é um fenômeno caracterizado pelo enrijecimento da musculatura do animal após a morte e que persiste, normalmente, por um dia ou mais. O momento em que esse fenômeno se instala e desaparece, além de ser influenciado pelo método de abate, varia com a espécie, a temperatura, o manuseio, o tamanho e a condição fisiológica do animal (HUSS, 1995). O início precoce do *rigor mortis*, como resultado do manuseio inadequado e estressante no período pré-abate, pode ocorrer enquanto o peixe ainda está na linha de produção (BERG *et al.*, 1997).

O processamento de tais peixes durante o *rigor mortis* deve ser evitado, pois esse fenômeno pode acarretar efeitos negativos sobre a qualidade do filé. Peixes filetados antes do início da rigidez cadavérica têm propriedades que diferem das dos animais filetados durante e após o rigor. Essas propriedades são consideradas favoráveis em termos de qualidade de carne para o bacalhau (*Gadus morhua*) de acordo com Stien *et al.* (2005), além de propiciarem o rendimento da carcaça, uma vez que a musculatura está menos aderida ao esqueleto. A insensibilização por choque térmico, somada à diminuição do estresse, atrasa a instalação do *rigor mortis*, gerando um intervalo de tempo longo o suficiente para a filetagem e processamento pré-rigor, evitando assim que o peixe seja filetado enquanto a musculatura esteja rígida, aumentando a possibilidade de ruptura do filé (RIBAS *et al.*, 2007).

Em geral, o *rigor mortis* é determinado por meio da metodologia descrita por Bito *et al.* (1983) (Figura 14.2), que nos fornece o Índice de Rigor (IR), expresso em porcentagem:

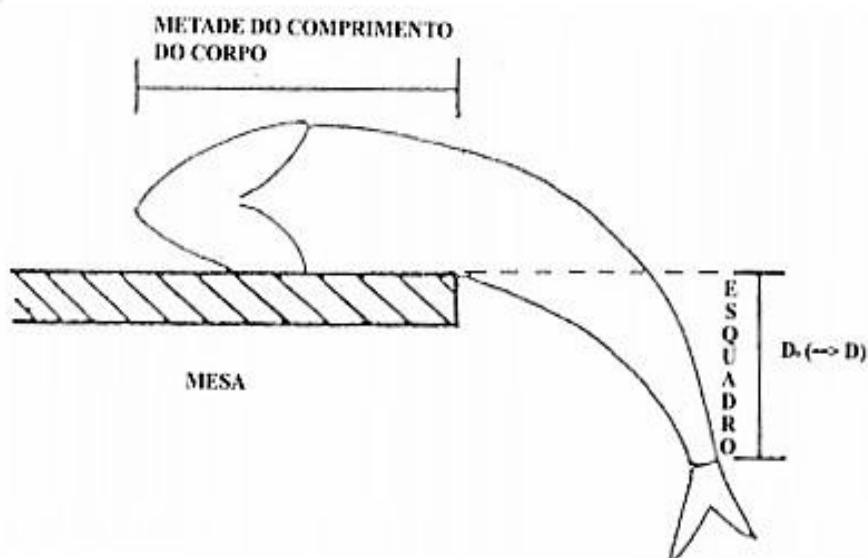
$$IR = \frac{D - D_0}{D_0} \times 100$$

Onde,

D_0 = Distância inicial entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal.

D = Distância final entre a superfície da mesa e a base da nadadeira caudal.

Figura 14.2 – Esquema para a medida do índice de rigor



Fonte: Iwamoto *et al.*, 1988

Alterações de textura do filé

As mudanças estruturais que ocorrem durante a degradação do pescado podem ser monitoradas através da análise da textura do músculo. Esta depende de vários fatores biológicos relacionados com a densidade das fibras musculares, como a gordura e o colágeno (ÓLAFSDÓTTIR *et al.*, 2004). O músculo dos peixes possui uma estrutura bastante complexa, e sua integridade depende da presença de proteínas estruturais, muito sensíveis a pequenas alterações e capazes de provocar mudanças na textura do pescado. O colágeno é um exemplo de uma proteína estrutural à qual foi atribuída uma função significativa na manutenção da textura.

As variações de textura podem ser monitoradas sensorialmente. Após a morte, verifica-se que as reações autolíticas provocam solubilização do colágeno e conseqüentemente maior destruição do tecido conjuntivo, o que acarreta perda de textura. Com métodos de insensibilização nos quais haja excitação por períodos prolongados, em que os animais apresentam movimentos de tentativa de fuga ou se debatam muito, essas reações autolíticas são aceleradas, aumentando a velocidade da degradação do produto.

Bases nitrogenadas voláteis

Tanto as reações de degradação microbiológicas como as autolíticas dão origem a uma série de compostos denominados por bases nitrogenadas voláteis (BNVs), a trimetilamina, a dimetilamina e provavelmente a monoetilamina e a propielamina, formadas em etapas mais avançadas da decomposição (CONTRERAS-GUZMÁN, 2002). As BNVs são, por isso, o parâmetro químico mais utilizado para avaliar a qualidade do pescado fresco, tendo os seus resultados apresentado uma boa correlação com o tempo de armazenamento dos produtos de pescado (RUIZ-CAPILLAS; MORAL, 2001). A origem dos compostos que compõem o grupo das BNVs varia: a trimetilamina tem origem na degradação microbiológica; a dimetilamina é produzida por reações autolíticas de degradação durante o armazenamento; a amônia é proveniente da desaminação dos aminoácidos e catabólitos de nucleotídeos; entre outros compostos nitrogenados básicos voláteis associados com a degradação do pescado (HUSS, 1995). A sua determinação expressa quantitativamente o teor de bases voláteis de baixa massa molecular. Esse parâmetro é útil como índice de degradação de vários produtos de pescado, sendo considerado como um índice higiossanitário. O abate realizado de maneira inadequada

acelera a formação dessas bases, aumentando sua concentração no músculo num curto intervalo de tempo, prejudicando a vida útil do produto, uma vez que é esse o parâmetro utilizado pela legislação brasileira para considerar o peixe como fresco, na qual o valor-limite para descarte de pescado é de 30 mg BNV.100⁻¹ g de músculo.

ESTUDOS SOBRE MÉTODOS DE ABATE

A insensibilização e os métodos de abate de peixes podem interferir na qualidade do produto final, diminuindo a sua vida de prateleira. Além disso, também foi evidenciado que, em relação ao bem-estar animal, deve-se cuidar para que os animais sofram o mínimo possível durante o abate, garantido que o produto tenha aceitação em um mercado consumidor cada vez mais exigente. Assim, estabelece-se que o método de abate para peixes deve ser seguro para os animais e para os aplicadores; deve promover a rápida ou instantânea perda de consciência e deve garantir a qualidade do produto final. Além disso, deve-se lembrar que, para a aquicultura industrial, é importante que o abate seja aplicado ao maior número de animais simultaneamente, facilitando o processamento, e que mantenha a integridade da carcaça, ampliando assim as formas de comercialização aplicáveis a esse produto.

A seguir, serão relatados alguns dos métodos de insensibilização e abate de peixes já estudados, com o intuito de atender a todas ou à maioria das exigências necessárias para a promoção da morte de forma humanitária e garantir um produto de qualidade que seja aplicável na indústria.

Insensibilização e abate por choque térmico

Esta metodologia consiste em expor os peixes a baixas temperaturas, preferencialmente inferiores a 1 °C, sendo a mais utilizada na indústria brasileira atualmente. Para diversas espécies, no que se refere à qualidade e aplicabilidade, esse tipo de insensibilização é eficiente, além de ser seguro para aplicadores e demandar pouca tecnologia. Por outro lado, a produção de gelo pode ter custos elevados, uma vez que a quantidade necessária para redução da temperatura da água de forma eficaz deve ser diretamente proporcional à quantidade de peixes que será insensibilizada. No entanto, no que diz respeito ao bem-estar animal, essa metodologia se torna inadequada, uma vez que, aparentemente, provoca dor em demasia e um período de sofrimento prolongado até a perda total da consciência. Em testes realizados com beijupirás, foi observado que os animais levaram cerca de 10 min para apresentar perda aparente de consciência e, durante esse período, a movimentação de tentativa de fuga foi intensa, o que, além de promover a perda na qualidade da carne, é um indicativo de que há sofrimento (VARGAS, 2015).

Narcole por CO₂

Esse método é realizado através da adição do gás carbônico, com o auxílio de um cilindro, na água na qual os animais serão insensibilizados. Sua aplicação é relativamente simples e segura, e a qualidade do pescado produzido não é comprometida, porém também não atende aos preceitos de bem-estar animal. Com a adição do CO₂ na água ocorre a formação do ácido carbônico, diminuindo o pH a valores próximos de 4, o que pode causar desconforto em contato com as mucosas dos olhos e das brânquias. Além disso, essa metodologia não é eficaz na promoção da perda de consciência. Em testes realizados com beijupirás, os peixes levaram aproximadamente 20 min para cessar a movimentação opercular, um dos indicativos utilizados para avaliar a inconsciência ou insensibilização.

Eletronarcose

Consiste na aplicação de uma corrente elétrica na água na qual os animais serão abatidos. Essa corrente pode ter voltagem e amperagem variadas, e não há, até o momento, um consenso na comunidade científica sobre quais intensidades de estímulo elétrico, assim como por quanto tempo devem ser aplicadas aos animais. Apesar dessas lacunas, essa metodologia tem se mostrado bastante eficiente, uma vez que provoca uma aparente perda de consciência instantânea e por período prolongado, o que faz supor que os animais não sintam dor no momento do processamento posterior.

Testes aplicando diferentes voltagens (100, 150 e 200 V) e tempos de exposição (1, 2 e 3 min) em diferentes espécies (pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) e matrinxã (*Brycon cephalus*)) foram realizados (VARGAS *et al.*, 2013; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2015). Foi observado que essas variáveis podem interferir principalmente em um parâmetro de qualidade: a cor. Peixes expostos a correntes acima de 150 V por 3 min apresentaram hemorragias musculares bem evidentes (Figura 14.3), porém essas hemorragias não comprometem a estabilidade do produto. Além disso, em testes posteriores com o beijupirá, a diminuição da voltagem e do tempo de exposição resultou na diminuição dessas hemorragias (Figura 14.4).

Figura 14.3 – Filés de matrinxã (*Brycon cephalus*) abatidos por diferentes métodos



Fonte: Vargas, 2011

Figura 14.4 – Filés de beijupirá (*Rachycentron canadum*) insensibilizados por eletronarcose.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

PARTICULARIDADES DO BEIJUPIRÁ PARA MANEJO PRÉ-ABATE E ABATE

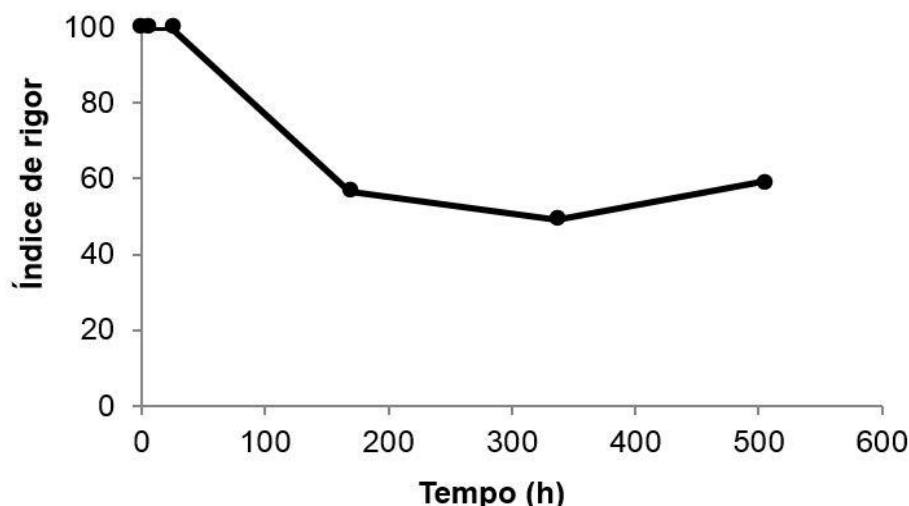
Nos testes realizados com o beijupirá, algumas particularidades comportamentais da espécie foram verificadas, e é de suma importância que sejam observadas para que o processo de abate ocorra de maneira segura, humanitária e para que sejam mantidas as características de frescor do produto final. O beijupirá é um peixe bastante sensível ao manuseio e apresenta comportamento de resistência intensa diante das práticas de contenção. Esse tipo de comportamento se caracteriza por movimentos bruscos na tentativa da fuga e acaba consumindo as reservas energéticas do músculo precocemente, acelerando os eventos químicos e físicos *post mortem* e, conseqüentemente, comprometendo a qualidade do produto final.

Os resultados obtidos até o momento demonstram que a captura dos animais nos momentos precedentes ao abate deve ser realizada de maneira muito cautelosa, evitando o uso de redes de contenção ou puçás. Preferencialmente é indicado que os animais sejam capturados em recipientes contendo a mesma água de criação para serem transportados até o recinto de abate.

Os parâmetros de qualidade de água, principalmente pH e oxigênio dissolvido, devem ser pelo menos similares entre o ambiente de criação e o do recinto de insensibilização, evitando assim um estresse fisiológico prévio ao abate. O método de abate deve ser aplicado rapidamente, evitando que os animais se debatam na tentativa de fuga, acelerando os eventos de degradação do pescado.

Um exemplo de como o manejo pré-abate interfere na qualidade da carne foi observado em experimento de insensibilização pré-abate de beijupirás. Na primeira hora após a insensibilização e o abate, observou-se que a maioria dos animais encontrava-se em estado de *rigor mortis* pleno (100%) (Figura 14.5), o que pode vir a comprometer a vida de prateleira do produto final.

Figura 14.5 – Índice de rigor (%) de beijupirás (*Rachycentron canadum*) submetidos a diferentes tipos de insensibilização pré-abate e estocados sob refrigeração durante 21 dias



Fonte: Vargas, 2015

Tal fato se deve principalmente ao manejo inadequado dos animais nos momentos antecedentes ao experimento. Apesar da preparação prévia de equipamentos e da equipe, a despesca dos animais foi realizada de forma amadora pelos funcionários da piscicultura, onde os peixes foram capturados com manejo estressante, permanecendo por tempo demasiado em condições adversas de lotação antes do processo de insensibilização.

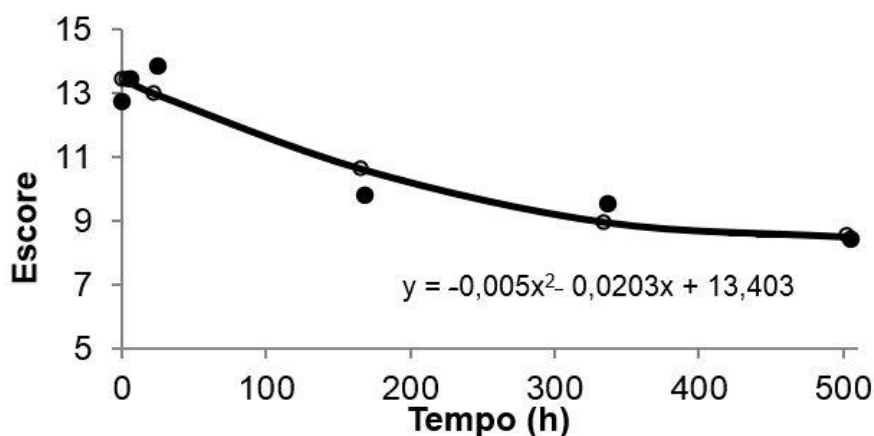
Quanto à vida de prateleira do beijupirá, recomenda-se a medição através do frescor instrumental, a partir das propriedades dielétricas da carne com o equipamento

Freshness Meter. Com esse equipamento, foi possível observar que essa espécie tem vida de prateleira relativamente longa quando comparada a outras espécies de água salgada.

O intervalo de valores do Freshness Meter é comandado pela gama de propriedades dielétricas do peixe e pode ser utilizado para indicar o processo de deterioração e período de vida útil restante em todo o peixe fresco. Cada espécie de peixe teria uma gama diferente de propriedades dielétricas (ŠIMAT *et al.*, 2012). Alguns autores sugerem valores maiores ou iguais a 11, para espécies marinhas cultivadas, como indicativos de frescor absoluto, ou seja, peixe estocado por no máximo 4 dias no gelo, e um valor de 6 como limite para o consumo (LOUGOVOIS *et al.*, 2003).

O beijupirá apresentou os escores de propriedade dielétrica mais altos que 11 no momento logo após o abate (12,688) e atingiu 8,377 aos 21 dias (504 h) (Figura 14.6) de conservação, escore maior que o valor de 6 mencionado pelos autores citados anteriormente como o limite para consumo.

Figura 14.6 – Propriedades dielétricas de beijupirás (*Rachycentron canadum*) submetidos a diferentes tipos de insensibilização pré-abate e estocados sob refrigeração durante 21 dias



Fonte: Vargas, 2015

REFERÊNCIAS

- ACERETE, L. *et al.* Comparison of two stunning/slaughtering methods on stress response and quality indicators of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 287, p. 139-144, 2009.
- ASHLEY, P.J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 104, p. 199-235, 2007.
- BAGNI, M. *et al.* Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v. 263, p. 52-60, 2007.
- BARBOSA FILHO, J.A.D., SILVA, I.J.O. Abate humanitário: ponto fundamental do bem-estar animal. **Revista Nacional da Carne**, v. 328, p. 36-44, 2004.
- BERG, T., ERIKSON, U., NORDTVEDT, T.S., 1997. Rigor mortis assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and effects of stress. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 439-446, 1997.
- BITO, M. *et al.* Studies on *rigor mortis* of fish. I. Diference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified cutting's methods. **Bulletin Tokai Regional Fish Research Laboratory**, v. 109, p. 89-96, 1983.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa nº. 3, de 07 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue**. S.D.A./M.A.A. Diário Oficial da União, Brasília, p. 14-16, 24 de janeiro de 2000, Seção I. [online] [citado em 24 11 07] Disponível em: www.agricultura.gov.br/das/dipoa/Anexo%20Abate.htm.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Resolução Normativa CONCEA nº. 37, de 15 de fevereiro de 2018. **Diretriz da Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – Concea**. S.D.A./M.A.A. Diário Oficial da União, Brasília, p. 05, 22 de fevereiro de 2018, Seção I. [online] [citado em 19 08 20] Disponível em: www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/institucional/concea/arquivos/legislacao/resolucoes_normativas/Resolucao-Normativa-n-37-Diretriz-da-Pratica-de-Eutanasia_site-concea.pdf

- CONTE, F.S. Stress and the welfare of cultured fish. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 86, p. 205-223, 2004.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. [s.l.], p.s.n.]. p. 309, Editado por CECTA – USACH, Santiago, Chile, 2002
- HUSS, H.H. Quality and quality changes in fresh fish. FAO, Fisheries Technical Paper 348, Rome, Italy. 195p. 1995.
- IWAMOTO, M. *et al.* ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage, and activities of some enzymes involved. **Journal of Food Science**, v. 53, p. 1662-1665, 1988.
- KNOWLES, T.G. *et al.* Effect of electrical stunning at slaughter on the carcass, flesh and eating quality of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 1732-1741, 2007.
- KNOWLES, T.G. *et al.* Effect of electrical stunning at slaughter on the quality of farmed turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 1731-1738, 2008.
- LAMBOOIJ, E. *et al.* Stunning of farmed African catfish (*Clarias gariepinus*) using a captive needle pistol; assessment of welfare aspects. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1353-1358, 2003.
- LAMBOOIJ, B. *et al.* Assessment of electrical stunning in fresh water of African Catfish (*Clarias gariepinus*) and chilling in ice water for loss of consciousness and sensibility. **Aquaculture**, v. 254, p. 388-395, 2006.
- LAMBOOIJ, E. *et al.* A humane protocol for electro-stunning and killing of Nile tilapia in fresh water. **Aquaculture**, v. 275, p. 88-95, 2008.
- LARSEN, R.; EILERTSEN, K.; ELVEVOLL, E. Low salt brining of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.) and the effects on different quality parameters. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, p. 1167-1172, 2008.
- LINES, J.A. *et al.* Electric stunning: a humane slaughter method for trout. **Aquacultural Engineering**, v. 28, p. 141-154, 2003.
- LOUGOVOIS, V.P.; KYRANAS, E.R.; KYRANA, V.R. Comparison of selected methods of assessing freshness quality and remaining storage life of iced gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Food Research International**, v. 36, p. 551-560, 2003.
- ÓLAFSDÓTTIR, G. *et al.* Multisensor for fish quality determination. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, p. 86-93, 2004.
- OLIVEIRA FILHO, P.R.C. *et al.* How stunning methods affect the quality of Nile tilapia meat. **CyTA Journal of Food**, v. 13, p. 56-62, 2015.
- OLIVEIRA, R.F.; GALHARDO, L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36 (supl. esp.), p. 77-86, 2007.
- PARISI, G. *et al.* Influence exerted by certain factors during rearing and before slaughter on post-mortem characteristics of sea bass. **Veterinary Research Communications**, v. 27, p. 651-653, 2003.
- PEDRAZZANI, A.N.A.S. **Reconhecimento da senciência e proposta de método alternativo de abate**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- PEDRAZZANI, A.S. *et al.* Opinião pública e educação sobre abate humanitário de peixes no município de Araucária, Paraná. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, p. 976-983, 2008.
- POLI, B. M. *et al.* Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. **Aquaculture International**, v. 13, p. 29-49, 2005.
- PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, Brasil. 1994.
- RIBAS, L. *et al.* Comparison of methods for anaesthetizing Senegal sole (*Solea senegalensis*) before slaughter: Stress responses and final product quality. **Aquaculture**, v. 269, p. 250-258, 2007.
- ROBB, D.H.F.; WOTTON, S.B.; VAN DE VIS, J.W. Electrical stunning of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): factors that affect stun duration. **Aquaculture**, v. 205, p. 359-371, 2002.
- ROTH, B.; TORRISSEN, O.J.; SLINDE, E. The effect of slaughtering procedures on blood spotting in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 250, p. 796-803, 2005.
- ROTH, B. *et al.* Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); a comparison between different stunning methods. **Aquaculture**, v. 272, p. 754-761, 2007.

- RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Production of biogenic amines and their potential use as quality control indices for hake (*Merluccius merluccius*, L) stored in ice. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 1030-1032, 2001.
- SCHERER, R. *et al.* Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods. **Food Chemistry**, v. 99, p. 136-142, 2006.
- SILVEIRA, E.T.F. Bem estar animal e seus impactos na indústria de carnes do Brasil. In: I Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, Anais... São Pedro, SP, 2001.
- ŠIMAT, V. *et al.* Differences in chemical, physical and sensory properties during shelf life assessment of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 28, p. 95-101, 2012.
- SNEDDON, L.U. Evolution of nociception and pain: evidence from fish models. **Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences**, v. 374, p. 20190290, 2019.
- STIEN, L.H. *et al.* The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). **Aquaculture Research**, v. 36, p. 1197-1206, 2005.
- VARGAS, S.C. Avaliação de métodos de abate sobre a qualidade da carne de matrinxã (*Brycon cephalus*), armazenados em gelo. 2011. 82f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.
- VARGAS, S.C. **Influência de diferentes métodos de insensibilização pré-abate sobre parâmetros físicos, químicos e sensoriais da carne refrigerada e congelada de beijupirá (*Rachycentron canadum*)**. 2015. 83f. Tese (Doutorado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.
- VARGAS, S.C. *et al.* Evaluation of different stunning methods on aspects of animal welfare and meat quality of matrinxã (*Brycon cephalus*). **Italian Journal of Food Science**, v. 25, p. 255-263, 2013.
- VIEGAS, E.M.M. *et al.* Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, p. 41-50, 2012.

CAPÍTULO 15

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTOCOLO SENSORIAL PELO MÉTODO DO ÍNDICE DE QUALIDADE E ESTUDO DA VIDA DE PRATELEIRA DO BEIJUPIRÁ ESTOCADO EM GELO

Fabíola Helena dos Santos Fogaça
Rodrigo Maciel Calvet
Marcondes Agostinho Gonzaga Júnior

O termo qualidade, embora de utilização cada vez mais generalizada, não é entendido de igual modo por todos os que o aplicam. Consciente desta dificuldade e no sentido de ultrapassá-la, a Organização Internacional de Normalização, na norma ISO 8402 de 1994, define qualidade como o conjunto de atributos e características de um produto ou serviço responsáveis pela sua capacidade para satisfazer as necessidades/exigências do utilizador. Esta definição é muito abrangente e, no caso dos produtos alimentares, pode-se considerar que a qualidade é determinada por diversos aspectos de que se destacam: higiene, valor nutricional e dietético, frescor, facilidade de utilização pelo consumidor, propriedades intrínsecas e disponibilidade (SANT'ANA *et al.*, 2011).

No caso do pescado, o frescor assume particular relevância, pois constitui o primeiro critério para a sua aceitação ou rejeição. Segundo a legislação, o pescado fresco é aquele que nunca foi congelado e é mantido apenas em gelo. Já o resfriado é conservado em gelo e mantido a temperaturas entre zero e 2,0 °C. O pescado fresco/resfriado é a forma mais frequente de apresentação em peixarias brasileiras, possibilitando ao consumidor verificar a qualidade do alimento por meio de seu odor, textura e coloração (ANVISA, 2012).

A “perda de qualidade” ou deterioração do pescado inicia-se logo após sua captura e envolve, principalmente, processos bioquímicos e microbianos (SANT'ANA *et al.*, 2011). Os processos bioquímicos para manutenção da atividade vital do animal continuam, mesmo após a morte, por meio da oxidação dos compostos orgânicos existentes nos tecidos, na forma de ATP, para produção de energia (HAMADA-SATO *et al.*, 2005). A hidrólise ou quebra do ATP produz a hipoxantina que se degrada em xantina, que será reduzida à amônia com liberação de CO₂ (LAPA-GUIMARÃES *et al.*, 2005).

Como a respiração cessa, o organismo tende a obter energia por outras vias, degradando glicogênio e produzindo ácido láctico. O acúmulo desse ácido causa ligeira queda no pH do pescado fresco, contribuindo para liberação e ativação de enzimas proteolíticas (CONTRERAS-GÚZMAN, 1994). Essas enzimas, principalmente proteases e catepsinas, degradam a proteína muscular do peixe, liberando aminoácidos que serão utilizados pelas bactérias presentes na superfície dos tecidos. A degradação microbiana resulta na formação de bases voláteis e outros compostos de baixo peso molecular que alteram as características sensoriais do pescado, gerando odores.

Dentre os principais índices de avaliação da qualidade do pescado resfriado estão as Bases Nitrogenadas Voláteis (BNV-T) e o teor de Trimetilamina (N-TMA). Esses dois compostos são utilizados concomitantemente com análises microbiológicas e sensoriais para determinação da vida de prateleira do peixe resfriado. Segundo o regulamento de inspeção sanitária de produtos de origem animal (Decreto lei 30.691/52 RIISPOA), o limite de BNV-T é de 30mg N/100 g da amostra. Porém, aceitam-se valores de 30 a 35 mg N/100 g para peixes magros armazenados em gelo e 20 mg N/100g para peixes gordos (CONNEL, 1995). O limite de BNV-T para peixes de água doce ainda não está bem definido. Isso porque, além de depender do método, da espécie e do estágio

de alteração, algumas espécies não apresentam alterações quando armazenadas em gelo (KUAYE, 1982).

A TMA se origina em pescado pela ação de enzimas de bactérias psicotróficas sobre o óxido de trimetilamina (TMO). É uma das aminas voláteis mais estudadas e relacionadas com a deterioração do pescado (BOTTA, 1995), pois está intimamente ligada com o aumento da população bacteriana no músculo do pescado, proporcionando odor característico (SANTOS, 2011). Porém, pode ser volatilizada ou sofrer lixiviação pela água de degelo e por isso apresenta os mesmos problemas de análises das BNV-T. Assim, a avaliação das BNV-T e outros compostos relacionados à qualidade do pescado devem estar associados à análise microbiológica e sensorial para maior confiabilidade dos resultados obtidos.

MICROBIOLOGIA DO PESCADO RESFRIADO

É sabido que as condições microbiológicas de produtos pesqueiros dependem de vários fatores como a natureza do produto, os processos de tratamento a que foram submetidos, as condições sanitárias do ambiente e de processamento pelas indústrias, o tipo de temperatura a que foram armazenados, tempo de estocagem, tipos e estágios de crescimento de microrganismos presentes, processos de descongelamento, etc.

A qualidade microbiológica do pescado no varejo é determinada de acordo com as recomendações da resolução nº 12 de 12 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001) que estabelece “Limites Máximos Toleráveis” (LMT) para *Staphylococcus* coagulase positiva de 10^3 UFC/ g e ausência de *Salmonella* em 25 g em amostras de pescado, ovas de peixes, crustáceos e moluscos *in natura*, resfriados ou congelados não consumidos crus. Esta resolução não estabelece LMT para coliformes a 35° e 45 °C, mesmo sendo um grupo de microrganismos indicadores da qualidade sanitária em alimentos (JAY, 2005; FRANCO; LANDGRAF, 2008).

As contagens bacterianas em geral e os coliformes a 35 °C indicam as condições de higiene das diversas etapas de produção do produto. Os coliformes a 45 °C e *Staphylococcus aureus*, além dos aspectos higiênicos, também indicam as condições sanitárias do produto e seu preparo. A presença de coliformes a 45 °C nos alimentos pode sinalizar a contaminação fecal e, ainda, uma possível contaminação pelas demais enterobactérias. Os *S. aureus* em alimentos podem ser veiculados por manipuladores, quando encontrados em quantidades superiores a 10^3 UFC/g podem causar toxinoses nos consumidores (JAY, 2005; CALVET *et al.*, 2010).

A contagem total de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicotróficas, apesar de indicarem as condições de higiene das diversas etapas de produção dos alimentos, são úteis para medir as condições da matéria-prima, a eficiência de procedimentos, assim como as condições de armazenagem e distribuição (HUSS, 1997). Franco e Landgraf (2008) afirmam que mesmo que os patógenos estejam ausentes e que não tenham ocorrido alterações nas condições sensoriais do pescado, um número elevado de microrganismos indica que o alimento é insalubre. Pelos padrões estabelecidos pela *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* – ICMSF (1986), na enumeração de aeróbios totais, cujos métodos mais comuns são o “*Standard Plate Count*”, o “*Surface Plate*” e o “*Drop Plate*”, permite-se uma contagem máxima de 10^7 UFC/g ou cm^2 para pescado refrigerado (HUSS, 1997).

As bactérias que mais contribuem com a alteração do pescado são aquelas que fazem parte da zoogléia e do conteúdo intestinal. Nos peixes mantidos sob refrigeração é mais provável que predominem as bactérias do gênero *Pseudomonas*, seguidas pelas bactérias dos gêneros *Acitenobacter*, *Moraxella* e *Flavumbacterium* (FRAZIER; WESTHOFF, 1993).

Os microrganismos que crescem em alimentos refrigerados entre 0° e 7 °C, mas têm uma temperatura de crescimento ótima de 20 °C, são conhecidos como psicotróficos. Os mesmos são definidos como microrganismos que produzem crescimento visível a 7 ± 1 °C em sete a 10 dias, apesar desta não ser sua temperatura ótima de crescimento. Devido a esta característica, os psicotróficos são considerados

um subgrupo dos mesófilos. Estes microrganismos são os mais comuns em alimentos refrigerados, além de serem responsáveis pela deterioração destes. Alguns psicrotróficos podem ser patogênicos, como a *Aeromonas hydrophila*, algumas cepas de *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum* tipo E, B e F, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholera*, *Yersinia enterocolitica* e algumas cepas enteropatogênicas de *E. coli* e outros microrganismos como *Salmonella*, *C. perfringens* tipo C. Algumas cepas de *Bacillus cereus* e *Staphylococcus aureus*, que têm um desenvolvimento menor em temperaturas entre 7° e 15 °C, podem crescer, se abusos de temperatura ocorrerem durante a estocagem (COUSIN *et al.*, 2001).

De acordo com Franco e Landgraf (2008), os microrganismos mais importantes na deterioração do pescado pertencem aos gêneros *Pseudomonas* e *Shewanella*, responsáveis pelas alterações organolépticas devido à formação de trimetilamina, ésteres, substâncias voláteis reductoras e outros compostos com aroma pronunciado, que contribuem para alteração do odor em pescado, forte indicativo de deterioração pela percepção sensorial do consumidor.

ANÁLISE SENSORIAL DO PESCADO RESFRIADO

Sendo o odor um dos mais importantes parâmetros percebidos na perda de frescor do pescado, os métodos sensoriais são amplamente utilizados, por meio dos sentidos visuais, gustativos, olfativos e táteis, na avaliação da qualidade do peixe resfriado. No entanto, a qualidade da análise sensorial dependerá do tipo de amostra, do método a ser utilizado e principalmente, dos julgadores (STONE; SIDEL, 1992).

Os métodos de análise sensorial podem ser subjetivos e objetivos. Os primeiros são baseados na aceitação ou preferência dos julgadores por um produto, sendo muito aplicado em pesquisas de mercado e desenvolvimento de produtos. O segundo, mais elaborado e que necessita de julgadores treinados, é muito utilizado em inspeções e na determinação da vida de prateleira do pescado (HUSS, 1995).

Dentre os métodos para avaliação da qualidade do pescado, o método do índice de qualidade (MIQ, ou QIM, Quality Index Method) é um dos mais certos. Baseia-se nos diversos parâmetros sensoriais significativos do peixe resfriado que são avaliados em um sistema de escores, o qual varia de zero a três pontos de deméritos (VAZ-PIRES; SEIXAS, 2006). Recebem escore zero os parâmetros com maior grau de frescor, enquanto os maiores escores correlacionam-se com a perda de qualidade até o máximo de três pontos de deméritos por critério avaliado. Cada pescado tem diferentes indicadores da deterioração, por isso o MIQ é específico para cada espécie (NIELSEN; GREEN, 2007). O MIQ, portanto, baseia-se na avaliação prévia dos atributos que melhor traduzem as alterações que ocorrem no pescado, por exemplo, aspecto da pele, forma dos olhos e cor das brânquias. As principais alterações são reunidas em um protocolo que é aplicado por pelo menos três vezes ao pescado, no intuito de validá-lo. Após aprovado, o protocolo é repassado a indústrias e mercados, bem como pesquisadores, para sua divulgação e aplicação.

O MIQ procurou ultrapassar as dificuldades surgidas na aplicação das tabelas da União Europeia. Por isso, os descritores usados para identificar as alterações são inequívocos, claros e breves, envolvendo normalmente apenas uma ou duas palavras. Deste modo, procurou-se minimizar qualquer confusão por parte dos provadores, tornando assim a avaliação fácil, rápida e objetiva. Este método, que tem merecido grande atenção por parte da indústria de processamento e do setor da comercialização, inspeção e investigação, foi desenvolvido em meados de 1980 na *Tasmanian Food Research Unit* (BREMNER, 1985). Inicialmente foi criado para peixe inteiro armazenado em gelo e, posteriormente, tem sido aplicado a diversos produtos, como filés (GUILLERM-REGOST *et al.*, 2006). Pela sua importância e facilidade na aplicação, protocolos IQ para 34 espécies de peixes e seus produtos estão disponíveis (QUIM-EUROFISH, 2012).

Para comprovar a precisão do MIQ, em 1999, cientistas que trabalham com o método resolveram comparar os resultados obtidos nas avaliações pelos painelistas e por instrumentos de precisão (colorímetro, texturômetro e um nariz artificial).

Os resultados mostraram que a curva de regressão do MIQ padrão e do MIQ artificial eram praticamente iguais (DI NATALE, 2003), o que fortaleceu ainda mais a busca por protocolos para o maior número de espécies possível.

No Brasil, as pesquisas com o MIQ estão baseadas em espécies capturadas pela pesca, como a corvina *Micropogonias furnieri* (BORGES *et al.*, 2007), a pescada amarela *Cynoscion acoupa* (SANTOS, 2011) e o beijupirá (*Rachycentron canadum*) (FOGAÇA; CARVALHO, 2011), embora estudos também estão em desenvolvimento com a tambatinga *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus* (VIEIRA *et al.*, 2012) e o beijupirá criado em cativeiro (FOGAÇA *et al.*, 2017).

DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO DO ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ) PARA O BEIJUPIRÁ CULTIVADO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise e Processamento de Alimentos da EMBRAPA Meio-Norte, em Parnaíba, PI. O desenvolvimento do protocolo foi dividido em duas etapas: 1) treinamento dos julgadores e elaboração do protocolo piloto do índice de qualidade; e 2) aplicação do protocolo.

Amostras

Para o treinamento da equipe em análise sensorial e desenvolvimento do protocolo piloto do índice de qualidade do beijupirá foram utilizados exemplares selvagens pescados nas proximidades de Parnaíba, PI, devido à baixa disponibilidade de beijupirás produzidos em cativeiro no mercado local.

Para a aplicação do protocolo e estudo da vida de prateleira do beijupirá estocado em gelo foram utilizados 30 exemplares provenientes de uma criação em Recife, PE. Os peixes foram despescados, abatidos por choque térmico em caixas contendo água e gelo (1:1), mantidos em gelo (0 - 2 °C) e transportados para o laboratório em caixas térmicas após 12 horas do abate. Dentro do laboratório, os peixes foram pesados, eviscerados, pesados novamente, e armazenados em sacos plásticos estéreis, contendo um código de identificação, mantidos totalmente cobertos por gelo (temperatura entre 0 e 2°C), em uma sala refrigerada (17 ± 0,5 °C) e o gelo foi repostado diariamente.

Foram separados, aleatoriamente, 20 peixes para análise sensorial. Para a análise microbiológica e de Bases Nitrogenadas Voláteis, amostras de filé e da pele de 10 peixes foram retiradas nos dias 1, 4, 7, 10, 14, 18, 22 e 26. As médias (± DP) do peso e comprimento padrão foram 8,6 kg (± 1,6) e 112,0 cm (± 0,16) para os selvagens, e de 0,5 kg (± 0,1) e 38,65 cm (± 1,73) cm para os de cativeiro.

Avaliação sensorial

O treinamento foi realizado em 10 sessões, de uma hora cada, em três momentos distintos (agosto, outubro e novembro de 2010). As amostras eram retiradas do freezer 30 minutos antes das análises, dispostas em uma mesa de manipulação, em uma sala fria (17 °C). A equipe de julgadores foi composta de cinco pessoas já treinadas em avaliação sensorial de outras espécies de peixes e pescado, sendo nomeado um líder. Durante as sessões foram levantados atributos relacionados à coloração da pele e muco, coloração das brânquias e muco, formato dos olhos, coloração dos rins, flexibilidade da musculatura e odores diversos. Todas as observações foram anotadas e montou-se um protocolo com as principais características e as mudanças diárias observadas por 10 dias consecutivos. Cada atributo de qualidade recebeu uma nota variando de zero (fresco) a três (deteriorado). A pontuação máxima obtida nessa fase foi de 24 pontos de demérito, baseado em 11 atributos relacionados à aparência da pele, olhos, abdômen, brânquias e musculatura. A versão final do protocolo foi redigida pelo líder e apresentada no último dia do treinamento para consenso geral (Tabela 15.1).

Aplicação do protocolo IQ

Após o treinamento, aplicou-se o protocolo em peixes cultivados. A aplicação do protocolo IQ foi realizada segundo Sant'Ana *et al.* (2011). Cada sessão, de uma hora cada, contou com três avaliadores treinados. Os peixes eram retirados do gelo, aproximadamente 15 min antes da análise, dispostos em bandejas codificadas com três dígitos, em uma sala refrigerada (17 °C). Nessa fase os peixes foram avaliados durante 28 dias, nos tempos 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 18, 22, 26 e 28 dias de estocagem em gelo.

O protocolo IQ desenvolvido para o beijupirá eviscerado descreveu 13 atributos sensoriais, com pontuação máxima obtida de 30 pontos de demérito (Tabela 15.2). O número de descritores e a soma total de pontos de demérito são específicos para cada espécie estudada. Por exemplo, o protocolo IQ desenvolvido para o goraz (*Pagellus bogaraveo*) possui 15 descritores que somados totalizam 30 pontos de demérito (SANT'ANA *et al.*, 2011), para o linguado (*Solea senegalensis*) possui 10 descritores e 28 pontos de demérito (GONÇALVES *et al.*, 2007) e para a dourada criada (*S. aurata*) possui oito descritores que totalizam 15 pontos de demérito (SIMAT *et al.*, 2012).

Por causa das variações biológicas entre os próprios peixes, uma média do IQ foi usada. Foi constatado pelo IQ que os escores para todos os atributos aumentaram com o tempo de estocagem (Figura 15.1).

Tabela 15.1 – Protocolo do índice de qualidade desenvolvido para o beijupirá (*Rachycentron canadum*) selvagem eviscerado e estocado a 0°C

Parâmetros		Características	
Aspecto superficial		Pigmentação viva, cores vivas	0 ()
		Perda de brilho, cores mais opacas	1 ()
		Sem brilho, cores desvanecidas	2 ()
Aspecto geral	Rigidez	Tenso (rigor)	0 ()
		Flexível	1 ()
		Mole	2 ()
Firmeza da carne		Muito rígida e firme	0 ()
		Ligeiramente mole	1 ()
		Mole	2 ()
Transparência (Globo ocular)		Límpida	0 ()
		Ligeiramente opaca	1 ()
		Leitosa, opaca	2 ()
Olhos	Pupila	Preta, bem delineada (arredondada)	0 ()
		Enevoada, perda do delineamento	1 ()
		Cinzenta, sem delineamento	2 ()
Forma		Protuberante, convexa	0 ()
		Achatada, plana	1 ()
		Côncava, afundada	2 ()
Cor		Vermelho vivo	0 ()
		Menos vivo, pálida nos bordos	1 ()
		Descoradas	2 ()
Brânquias	Odor	Algas	0 ()
		Neutro, algas menos intenso	1 ()
		Ligeiramente rançoso	2 ()
Forma		Rançoso	3 ()
		Íntegra	0 ()
		Ligeiramente disforme	1 ()
Rim	Cor	Disforme	2 ()
		Vermelho escuro	0 ()
		Vinho	1 ()
Musculatura	Aparência e cor	Marrom	2 ()
		Preto	3 ()
		Translúcida, rósea	0 ()
		Ligeiramente opaca	1 ()
		Escura	2 ()

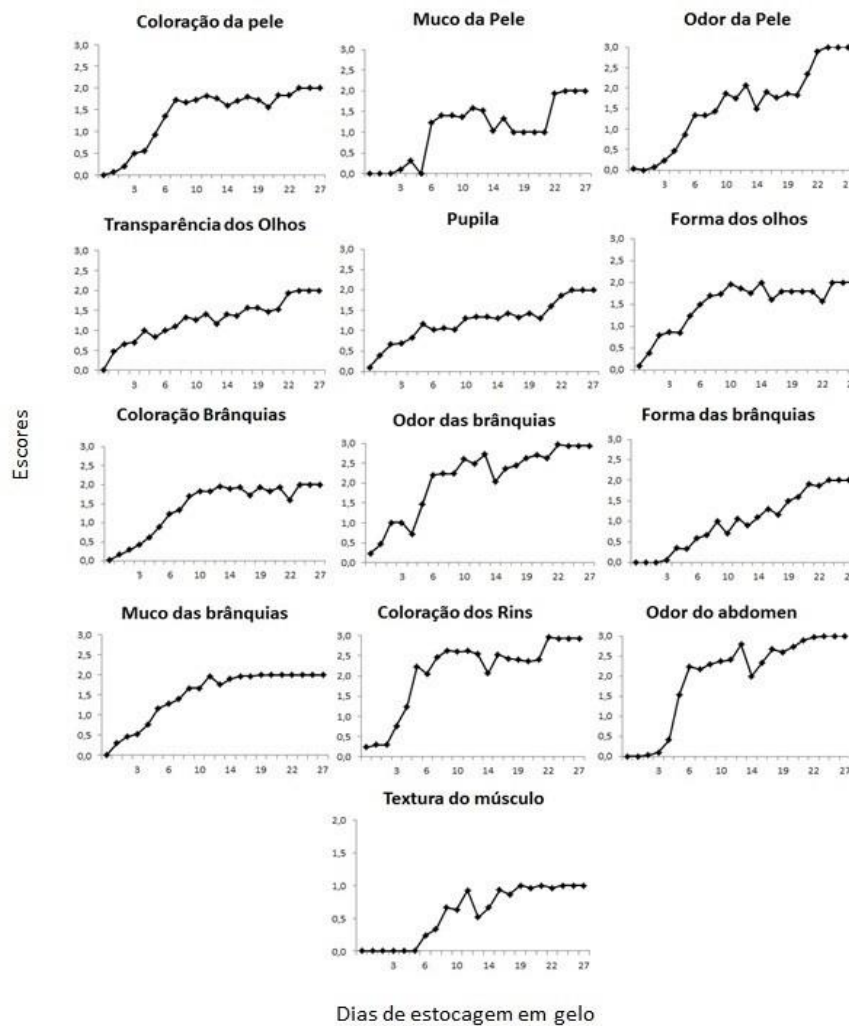
Fonte: Adaptado de Fogaça; Carvalho, 2011

Tabela 15.2 – Protocolo do índice de qualidade desenvolvido para o beijupirá (*Rachycentron canadum*) de cativeiro eviscerado e estocado em gelo

Parâmetros	Características				
Aspecto geral	Aspecto superficial	Pigmentação viva, cores vivas	0 ()		
		Perda de brilho, cores mais opacas	1 ()		
		Sem brilho, cores desvanecidas	2 ()		
	Muco	Claro e fluido	0 ()		
		Leitoso e espesso	1 ()		
		Amarelo e espesso	2 ()		
	Odor	Sem cheiro, frescor	0 ()		
		Neutro a metal, grama seca, grãos	1 ()		
		Acre	2 ()		
		Rançoso	3 ()		
Olhos	Transparência (Globo ocular)	Límpida	0 ()		
		Ligeiramente opaca	1 ()		
		Leitosa, opaca	2 ()		
	Pupila	Preta, bem delineada (arredondada)	0 ()		
		Enevoada, perda do delineamento	1 ()		
		Cinzenta, sem delineamento	2 ()		
	Forma	Protuberante, convexa	0 ()		
		Achatada, plana	1 ()		
		Côncava, afundada	2 ()		
Brânquias	Cor	Vermelho vivo	0 ()		
		Menos vivo, pálida nos bordos	1 ()		
		Descoradas	2 ()		
	Odor	Algas	0 ()		
		Neutro, algas menos intenso	1 ()		
		Ligeiramente rançoso	2 ()		
	Forma	Rançoso	3 ()		
		Íntegra	0 ()		
		Ligeiramente disforme	1 ()		
		Disforme	2 ()		
Muco	Transparente	0 ()			
	Amarelado, espesso	1 ()			
	Marrom	2 ()			
Rim/Abdômen	Cor	Vermelho escuro	0 ()		
		Vinho	1 ()		
		Marrom	2 ()		
		Preto	3 ()		
	Odor	Neutro	0 ()		
		Grãos	1 ()		
		Acre	2 ()		
		Rançoso	3 ()		
		Textura	Elasticidade	Marca do dedo desaparece imediatamente	0 ()
				Marca leva mais de 3 s para desaparecer	1 ()

Fonte: Adaptado de Fogaça *et al.*, 2017

Figura 15.1 – Escores de cada atributo de qualidade para o beijupirá (*Rachycentron canadum*) eviscerado e estocado em gelo (n = 20).

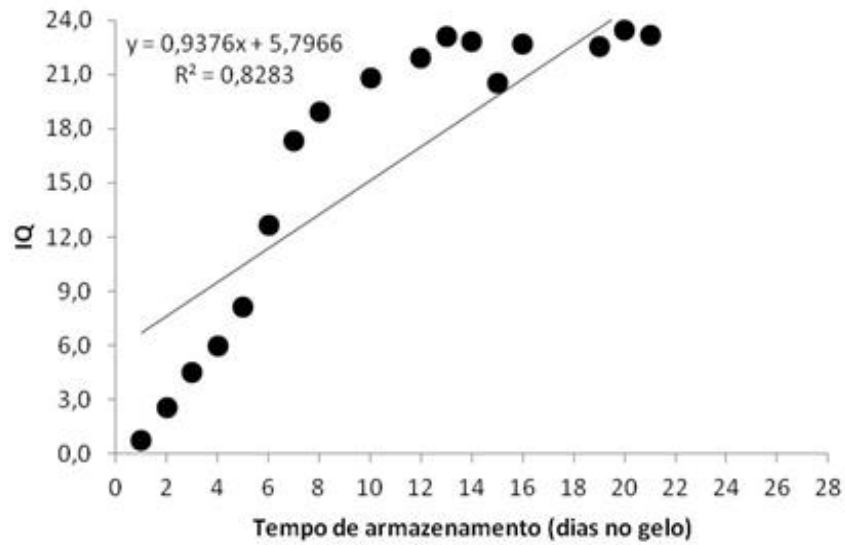


Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

A variação foi diferente para cada descritor. A coloração da pele, por exemplo, apresentou aumento rápido do escore até o sétimo dia de avaliação, ficando mais estável entre o período de oito a 20 dias de estocagem, quando houve novo aumento. O muco da pele sofreu mudança visível somente após o quinto dia de estocagem, e mesmo assim, não apresentou característica leitosa ou opaca, ficando transparente em todo o período de avaliação. O odor da pele já apresentou crescimento linear, ou seja, quanto maior o tempo de estocagem, maior o escore do odor observado. O mesmo comportamento foi observado para os atributos de transparência dos olhos e aparência das pupilas. O odor, o muco e a coloração das brânquias tiveram um comportamento de rápida deterioração nos primeiros sete dias, com menor acréscimo de escores do oitavo ao vigésimo dia de estocagem. Um dos parâmetros que menos sofreu modificações nos primeiros dias de estocagem foi a textura da musculatura. O escore zero foi atribuído aos cinco primeiros dias de estocagem (Figura 15.1).

Existe uma correlação linear entre o IQ e o tempo de estocagem, ou seja, quanto maior o tempo de estocagem, maior a pontuação IQ e menor o frescor do pescado. Para o beijupirá eviscerado, essa correção é dada pela equação $y = 0,94x + 5,80$, onde x é o tempo de estocagem e y é o valor do IQ (Figura 15.2). Com essa equação pode-se estimar a vida de prateleira do produto (BONILLA *et al.*, 2007).

Figura 15.2 – Índice de Qualidade (IQ) para o beijupirá (*Rachycentron canadum*) eviscerado segundo o tempo (dias) de estocagem em gelo.













Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Uma melhor visualização da deterioração do beijupirá estocado em gelo pode ser observada na Tabela 15.3. Notam-se claramente as mudanças de coloração das brânquias e de conformação dos olhos.

Tabela 15.3 – Aspectos dos olhos e brânquias do beijupirá (*Rachycentron canadum*) de cativeiro eviscerado e estocado em gelo por 27 dias.

Tempo de estocagem	Olhos	Brânquias
01 dia		
03 dias		
06 dias		

Tempo de estocagem	Olhos	Brânquias
10 dias		
14 dias		
19 dias		
22 dias		
27 dias		

Fonte: Sidely Gil Alves Vieira

ESTUDO DE VIDA DE PRATELEIRA DO BEIJUPIRÁ EVISCERADO ESTOCADO EM GELO

Segundo o *Institute of Food Science and Technology*, define-se como “vida de prateleira” o intervalo de tempo durante o qual o produto alimentício permanecerá seguro e apresentará características sensoriais, químicas, físicas e microbiológicas desejáveis (RUIZ; GONÇALVES, 2011). Por isso, o estudo da vida de prateleira engloba a avaliação sensorial, físico-química e microbiológica.

Análises microbiológicas e químicas

Para realização das análises microbiológicas, foram retiradas amostras de pele e músculo de 10 peixes. Foram quantificados os coliformes a 45°C, Estafilococos coagulase positiva, bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e psicotróficas, e pesquisa de *Salmonella* sp., utilizando o método recomendado pelo *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (MORTON, 2001), e tendo por base a Resolução no. 12, de 02 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001).

Os critérios microbiológicos exigidos pela legislação brasileira para o pescado *in natura*, resfriados ou congelados não consumido cru, em uma amostra indicativa, são ausência de *Salmonella* sp em 25 g do alimento, e estafilococos coagulase positiva em níveis de até 5×10^2 /g (ANVISA, 2001). Para as bactérias mesófilas e psicotróficas foi utilizado o limite de 10^7 UFC/g ou cm² (HUSS, 1997). As análises foram realizadas após 1, 4, 7, 10, 14, 18, 22 e 26 dias de estocagem.

A análise das bases nitrogenadas voláteis (BNV-T) foi realizada pela precipitação e extração do nitrogênio em ácido tricloroacético (TCA, 7,5%), em aparelho micro Kjeldahl (BRASIL, 1981).

Os resultados das contagens de bactérias nas amostras do músculo e da pele do beijupirá eviscerado e estocado por 26 dias à temperatura de zero a 1 °C podem ser observados nas Tabelas 15.4 e 15.5.

Os resultados das análises comprovam que todas as amostras apresentaram baixa contagem de *Staphylococcus aureus* e coliformes a 45°C, e ausência de *Salmonella* sp (Tabela 15.4). Isso indica que a qualidade microbiológica da água de cultivo e as condições nas quais os beijupirás foram capturados, transportados e manipulados estiveram dentro de um padrão higiênico-sanitário adequado, sem causar contaminação aos peixes. Estudos mostram que as mãos, o nariz e a pele de manipuladores são principais fontes de contaminação dos alimentos por estafilococos (DAMS *et al.*, 1996).

Tabela 15.4 – Análise microbiológica da pele e do músculo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) ao longo do tempo de estocagem (dias) em gelo, segundo parâmetros da ANVISA (2001).

Tempo de estocagem (dias)	Coliformes a 45 °C (UFC/g)		Estafilococos coagulase (+) (10 ³ UFC/g)		<i>Salmonella</i> sp	
	Pele	Músculo	Pele	Músculo	Pele	Músculo
0	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
4	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
7	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
14	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
18	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
22	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência
26	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	<1,0 x 10	Ausência	Ausência

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Tabela 15.5 – Contagem total de bactérias mesófilas e psicotróficas da pele e do músculo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) ao longo do tempo (dias) de estocagem em gelo.

Tempo de estocagem (dias)	Mesófilas (UFC/g)		Psicotróficas (UFC/g)	
	Pele	Músculo	Pele	Músculo
0	1,0 x 10	1,0 x 10	<1,0 x 10	2,0 x 10
4	8,0 x 10	2,0 x 10	5,0 x 10	6,0 x 10
7	<1,0 x 10	5,0 x 10	6,0 x 10	1,1 x 10 ²
10	2,8 x 10 ²	4,0 x 10	3,8 x 10 ⁴	5,0 x 10
14	3,8 x 10 ⁴	8,2 x 10 ³	7,8 x 10 ⁵	1,46 x 10 ⁵
18	2,4 x 10	2,2 x 10	3,7 x 10 ³	3,8 x 10 ²
22	1,0 x 10 ²	1,0 x 10 ²	4,2 x 10 ⁴	3,5 x 10 ³
26	1,0 x 10 ⁷	1,0 x 10 ⁷	5,9 x 10 ²	2,9 x 10 ²

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

De acordo com Agnese *et al.* (2001), valores de microrganismos mesófilos superiores a 10^6 UFC/g para carne de peixe são considerados críticos com relação ao grau de frescor. Portanto, conforme os resultados da Tabela 15.5, o beijupirá tornou-se impróprio para o consumo a partir de 26 dias de estocagem em gelo. Entretanto, segundo Lira *et al.* (2001), pescado com valores acima de 10^6 UFC/g não tem suas características sensoriais alteradas, podendo ser ingeridos sem a percepção do consumidor. Borges *et al.* (2007) encontrou que, para a corvina (*M. furnieri*) mantida a 0°C por 28 dias, as concentrações de bactérias mesófilas variaram de $9,5 \times 10^3$ a $3,0 \times 10^{15}$ UFC/g para o músculo e $1,0 \times 10^5$ a $4,0 \times 10^{15}$ UFC/g para pele. Estes valores são superiores aos encontrados para o beijupirá, que variaram de $1,0 \times 10$ a $1,0 \times 10^7$ UFC/g tanto na musculatura quanto na pele (Tabela 15.5). Ainda no estudo de Borges *et al.* (2007), as bactérias psicotróficas variaram de $1,0 \times 10^2$ a $4,2 \times 10^9$ UFC/g no músculo e de $1,0 \times 10^2$ a $9,8 \times 10^{10}$ UFC/g na pele. Estas concentrações também foram superiores às encontradas para o beijupirá neste estudo, que variou de $2,0 \times 10$ a $1,48 \times 10^5$ UFC/g no músculo e de $<1,0 \times 10$ a $7,8 \times 10^5$ UFC/g na pele. Vale ressaltar, porém, que as corvinas utilizadas no estudo de Borges *et al.* (2007) foram obtidas da pesca artesanal, sem nenhuma espécie de controle higiênico-sanitário durante a captura e manipulação.

Ainda em relação à contagem de bactérias psicotróficas, não houve crescimento acentuado das mesmas, demonstrando novamente que as condições de estocagem foram apropriadas. Mesmo quando o pescado é conservado em baixas temperaturas, a baixa qualidade do gelo e a falta de higiene dos refrigeradores podem ocasionar surgimento de bactérias que crescem em temperaturas entre $2,0$ e $10,0^\circ\text{C}$.

A baixa contagem de bactérias corrobora com os resultados dos teores de bases nitrogenadas voláteis totais (BNV-T), os quais não aumentaram significativamente durante o período de armazenamento, chegando a atingir $2,67$ mg N/100g no 26º dia de estocagem (Tabela 15.6).

A determinação de BNV-T em pescado, embora seja utilizada na avaliação do frescor, é causa de controvérsia entre pesquisadores, principalmente em relação aos limites de aceitação do produto. Os padrões de qualidade do pescado e derivados estão baseados na análise de compostos como BNV-T e TMA. O Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) do Ministério da Agricultura preconiza níveis de BNV-T inferiores a $30,0$ mg de N/100 g em pescado para atestar o frescor ao produto (ANVISA, 2001). Segundo Ogawa e Maia (1999), nos peixes em excelente estado de frescor, o teor de BNV-T atinge de $5,0$ a $10,0$ mg de N/100g de músculo, e em peixes com frescor razoável pode atingir de $15,0$ a $25,0$ mg de N/100g de músculo. Em exemplares capturados pela pesca, os valores apresentam grande variação. Pereira e Tenuta-Filho (2005) encontraram valores de $15,75$ mg de N/100g em amostras de sardinhas frescas e de $27,69$ mg de N/100g para amostras de sardinhas descongeladas. Enquanto exemplares de corvina *M. furnieri* apresentaram valores entre $10,1$ a $56,7$ mg de N/100g em 22 dias de estocagem em gelo (BORGES *et al.*, 2007).

Tabela 15.6 – Valores médios de Bases Nitrogenadas Voláteis Totais (BNV-T) do músculo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) ao longo de 26 dias de estocagem a 0°C .

Tempo de estocagem (dias)	BNV-T (mg de N/100g do Pescado)
0	<0,01
4	<0,01
7	0,25
10	0,06
14	0,04
18	0,25
22	0,28
26	2,67

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Comparando os resultados de BNV-T do presente estudo com os de Cyprian *et al.* (2013) com filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) estocados durante 22 dias, observa-se que ambos não ultrapassaram os limites aceitáveis pela legislação (30 mg de N/100g de carne), com lenta acumulação de BNV-T ao longo do tempo.

Apesar dos reduzidos valores encontrados para contagem de mesófilas e BNV-T, observa-se um aumento progressivo desses parâmetros com o aumento do tempo de estocagem. Para ambos os parâmetros é esperado um crescimento exponencial na fase inicial (até 8 dias) e depois um crescimento moderado (entre 9 a 15 dias), com posterior redução. Esse comportamento foi observado no crescimento das bactérias mesófilas da pele e músculo (Tabela 15.5). Os microrganismos psicrotróficos apresentaram crescimento acelerado até o 14º dia para pele e o 18º dia para o músculo, declinando entre os dias 18 e 22, mas aumentando novamente após 22 dias de estocagem.

As BNV-T apresentaram uma correlação linear em relação ao tempo de estocagem, ou seja, quanto maior o tempo, maior a produção de BNV-T (Tabela 15.6). Apesar de aos 26 dias de estocagem haver um pico de produção de BNV-T (2,67 mg de N/100g de músculo), esse valor estava bem inferior ao limite de BNV-T para consumo (30 mg de N/100g músculo).

Conclui-se que beijupirás com 500 g, eviscerados e conservados em gelo, apresentaram características sensoriais desejáveis até o 15º dia de estocagem, podendo ser comercializados e processados durante esse período.

REFERÊNCIAS

AGNESE, A.P.; OLIVEIRA, V.M.; SILVA, P.P.O. Contagem de bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas e enumeração de coliformes fecais e totais, em peixe fresco comercializado no Município de Seropédica, RJ. Revista Higiene Alimentar, v. 13, n. 88, p. 67-70, 2001.

ANVISA. Resolução n.12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões de qualidade para alimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan.2001. Seção 1, p. 45-53.

ANVISA. Cartilha Semana do Peixe. Brasília, 25 de jun.2012. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/e4387000474574ca82f5d63fbc4c6735/cartilhaSemanaPeixe.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 25 jun.2012.

BONILLA, A. C.; SVEINSDOTTIR, K.; MARTINSDOTTIR, E. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. Food Control, v. 18, I 4, p. 352-358, 2007.

BORGES, A. *et al.* Qualidade da corvina (*Micropogonias furnieri*) eviscerada em diferentes períodos de estocagem a 0°C. Ciência Rural, v. 37, n. 1, p. 259-264, 2007.

BOTTA, J. R. Evaluation of sea food freshness quality. New York: VCH Publishers. 1995.

BRASIL. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de pescado e seus derivados. In: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Ed.) Laboratório Nacional de Referência Animal. Brasília: MAPA, 1981. Cap. 5. p. 1-3.

BREMNER, H.A. A convenient, easy to use system for estimating the quality to chilled seafoods. Fish Proceedings Bulletin, n. 7, p. 59-70, 1985.

CALVET, R.M. *et al.* Avaliação higiênico-sanitária de sushis servidos em restaurantes orientais na cidade de São Luís, MA. Higiene Alimentar, v. 24, p. 108-112, 2010.

CONNELL, J.J. Control of fish quality. Oxford: Fishing New. 1995.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. Bioquímica de pescados e derivados. Jaboticabal: FINEP.1994. 409 p.

COUSIN, M. A.; JAY, J.M.; VASAVADA, P.C. Psychrotrophic microorganisms. In: VANDERZAND, C.; SPLITTSTOESSE, D.F. (Eds.) Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, (3rd Ed.). Washington, DC: American Public Health Association, 2001. p. 153-168.

CYPRIAN, O. *et al.* Shelf life of air and modified atmosphere-packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions. Food Science & Nutrition, v. 1, n. 2, p. 130-140, 2013.

- DAMS, R.I.; BEIRÃO, L.H.; TEIXEIRA, E. Avaliação da qualidade microbiológica da pescadinha (*Cynoscion striatus*) inteira e em filés nos principais pontos críticos de controle de uma indústria de pescado congelado. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, v. 14, n. 2, p. 151-162, 1996.
- DI NATALE, C. Data fusion in MUSTEC: Towards the definition of the artificial quality index. In: LUTEN, J.B.; OEHLenschLAGER, J.; ÓLAFSDÓTTIR, G. (Ed.) Quality of fish from catch to consumer: Labelling, monitoring and traceability. Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2003. p. 273-282.
- FOGAÇA, F.H.S.; CARVALHO, S.E.Q. Development of quality index for wild cobia *Rachycentron canadum*. In: WORLD AQUACULTURE SOCIETY, 2011, Natal. Proceedings... Natal: WAS, 2011. 1 CD ROM.
- FOGAÇA, F. H. S. *et al.* Appraising the shelf life of farmed cobia by application of a Quality Index Method, Journal of the World Aquaculture Society, v. 48, 70-83, 2017.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p.
- FRAZIER, W.C.; WESTHOFF, D.C. Microbiología de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acribia, 1993. 681p.
- GONÇALVES, A.C.; ANTAS, S.E.; NUNES, M.L. Freshness and quality criteria of iced farmed Senegalese sole (*Solea senegalensis*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 55, n. 9, p. 3452-3461, 2007.
- GUILLERM-REGOST, C. *et al.* Quality characterization of farmed Atlantic halibut during iced storage. Journal of Food Science, n. 71, v. 2, p. 83-90, 2006.
- HAMADA-SATO, H.S. *et al.* Quality assurance of raw fish based on HACCP concept. Food Control, v. 16, p. 301-307, 2005.
- HUSS, H.H. Garantia da qualidade dos productos da pesca. In: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Documento técnico sobre as pescas 334. Roma: FAO, 1997. 176 p.
- ICMSF. Microorganisms in foods. In: ICMSF (Org.) Sampling for microbiological analysis: Principles and specific applications. 2 ed. New York: Blackwell Scientific Publications, 1986. Cap. 2.
- JAY, J. M. Microbiologia de alimentos. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711p.
- KUAYE, A.Y. Comparação dos métodos para determinação das bases nitrogenadas voláteis em pescado: parâmetros críticos e modificações. 1982. 95 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- LAPA-GUIMARÃES, J.; CONTRERAS GUZMAN, E.S.C.; FELICIO, P.E. Chemical and microbial analyses of squid muscle (*Loligo plei*) during storage in ice. Food Chemistry, v. 81, p. 487-493, 2005.
- LIRA, G.M., PEREIRA, W.D., ATHAYDE A.H. Avaliação da qualidade de peixes comercializados na cidade de Maceió – AL. Revista Higiene Alimentar, v. 15, n. 84, p. 67-74, 2001.
- MORTON, R.D. Aerobic plate count. In: American Public Health Association (Org.) Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4 ed. Washington: APHA, 2001. Cap. 7, p. 63-67.
- NIELSEN, D.; GREEN, D. Developing a Quality Index grading tool for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* x *Morone chrysops*) based on the Quality Index Method. International Journal of Food Science and Technology, n. 42, v. 1, p. 86-94, 2007.
- OGAWA, M.; MAIA, E.L. Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado. São Paulo: Varela, 1999. 430p.
- PEREIRA, A.A.F.; TENUTA-FILHO, A. Avaliação de condições de consumo da sardinha *Sardinella brasiliensis*. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, v. 25, n. 4, p. 720-725, 2005.
- QUIM-EUROFISH. Successful App 'How fresh is your fish'? Disponível em: <www.qim-eurofish.com>. Acesso em: 20/06/2012.
- RUIZ, W.A.; GONÇALVES, A.A. Vida de prateleira do pescado. In: GONÇALVES, A. A. (Ed.). 1 ed. Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Atheneu, 2011. p. 338-361.
- SANT'ANA, L.S.; SOARES, S.; VAZ-PIRES, P. Development of a quality index method (QIM) sensory scheme and study of shelf-life of ice-stored blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). Food Science and Technology, n. 44, p. 2253-2259, 2011.

SANTOS, A.P.B. Índices sensoriais, microbiológicos e físico-químicos para avaliação da qualidade e inocuidade de pescada amarela (*Cynoscion acoupa*). 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP.

SIMAT, V. *et al.* Differences in chemical, physical and sensory properties during shelf life assessment of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.). *Journal of Applied Ichthyology*, v. 28, n. 1, p. 95-101, 2012.

STONE, H.; SIDEL, J.L. *Sensory evaluation practices*. San Diego: Academic Press, 1992. 338 p.

VAZ-PIRES, P.; SEIXAS, P. Development of new quality index method (QIM) schemes for cuttlefish (*Sepia officinalis*) and broadtail shortfin squid (*Illex coindetii*). *Food Control*, n. 17, v. 12, p. 942-949, 2006.

VIEIRA, S.G.A. *et al.* Avaliação sensorial da tambatinga (*Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomum*) armazenada em gelo. In: AQUACIÊNCIA, 2012, Palmas. Anais... Palmas: AQUABIO, 2012. 1 CD ROM.

CAPÍTULO 16

EMBALAGENS APLICADAS AO BEIJUPIRÁ

Marcondes Agostinho Gonzaga Júnior
Carlos Prentice-Hernández (*in memoriam*)

A busca por tecnologias que permitam um aumento no prazo de vida comercial de alimentos altamente perecíveis e com alto teor proteico, como pescados, carnes vermelhas e produtos derivados de aves, justifica-se em função do reduzido prazo de vida útil, da perecibilidade, da crescente demanda por produtos frescos e da necessidade de redução de custos relacionados à energia utilizada nos processos de refrigeração e congelamento (SIMPSON; CAREVIC, 2004; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

A maior demanda por produtos de conveniência, motivada por mudanças no estilo de vida, e a invasão das prateleiras por produtos estrangeiros de alta qualidade e diversificação vêm modificando o perfil do tradicional consumidor de alimentos. Este passou a se utilizar, cada vez mais, dos produtos de fácil preparo, higienicamente corretos e vantajosos do ponto de vista nutricional (OETTERER, 1999).

QUALIDADE DO PESCADO

A carne de pescado comercializada de diferentes formas é o principal produto final da atividade pesqueira e da aquicultura. Sua qualidade e quantidade são fatores básicos em sua relação com o mercado consumidor. As principais alterações bioquímicas, físicas, químicas e microbiológicas que ocorrem no pescado após o abate dependem de vários fatores. Dentre eles, o modo de abate, a concentração de enzimas endógenas e a contaminação microbiana. A forma como o animal foi manejado no momento do sacrifício e as condições de armazenagem e embalagens são efeitos importantes para se avaliarem tais parâmetros (OZOGUL; OZOGUL, 2004).

A compreensão desses diversos fatores pode ser medida por diferentes métodos. Em geral, a velocidade de deterioração depende das condições de armazenamento, sendo mais rápida nos pescados pequenos, mais lenta para o pescado com alto teor de lipídeos e também mais lenta em pescados cartilagosos que em ósseos. Assim, têm-se diversos fatores a considerar, e muitos ainda continuam em nível de hipótese (HUSS, 1998).

No armazenamento em gelo sem embalagem adequada, a população bacteriana avança e se concentra na superfície da pele do pescado. A lenta penetração no tecido muscular ocorre principalmente em pontos da pele que apresentam ferimentos, o que facilita o ingresso bacteriano. Essa taxa de penetração dependerá das características próprias da pele do organismo aquático, podendo apresentar diferenças entre espécies (SIKORSKI, 1994).

EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA (EAM)

O conceito de embalagem em atmosfera modificada (EAM) teve início em 1910, quando se estabeleceu a sua utilização para conservar diversos alimentos, principalmente na Europa, e, neste século, virou uma tendência mundial (JAY, 2004). Paralelamente ao desenvolvimento da tecnologia de EAM, encontra-se a tendência de produtos *ready-to-eat* (prontos para consumir), em que não há a necessidade de acrescentar tipo algum de processo ao autosserviço. A preferência detectada entre os consumidores tem levado os processadores e o autosserviço a dedicarem mais tempo

e recursos para explorar e comercializar, cada vez mais, produtos acondicionados em embalagem com atmosfera modificada.

Com o avanço das embalagens individuais para um público cada vez mais exigente, a partir de 1970 a tecnologia de EAM apresentou um grande impulso (WOLFE, 1980). Em 1974, foi introduzida a EAM no comércio varejista de alimentos de origem animal (CHURCH, 1994).

Avanços tecnológicos que lidam com a extensão, a segurança e o tempo de vida útil de alimentos altamente perecíveis e com alto teor proteico, como o pescado, são de grande significância econômica por possibilitarem transporte a longa distância mais econômico, redução de perdas em função da deterioração e conveniência para a indústria e os consumidores (GENIGEORGIS, 1985; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Uma das formas de prevenir a decomposição e prolongar a vida útil do pescado e de seus produtos alimentícios é o uso de embalagens confeccionadas com materiais apropriados para cada alimento, o qual tem um papel decisivo na segurança, na qualidade e na prevenção de perdas por deterioração. Esses tipos de embalagem são utilizados em um amplo ramo de alimentos frescos e refrigerados, incluindo carnes cruas e cozidas, pescado, pastas frescas, frutas e hortaliças (SIMPSON; CAREVIC, 2004). Estudos também analisaram o pescado conservado sob refrigeração com uso de atmosfera modificada, chamado de *produto minimamente processado à base de pescado* (SOCCOL *et al.*, 2005; PRENTICE; SAINZ, 2005; TORRIERI, 2006).

A EAM permite aumentar a vida útil do pescado fresco, mas somente se combinada com um cuidadoso armazenamento em temperatura de refrigeração. Esta reduzirá a atividade enzimática do produto e a possibilidade de ocorrência de reações de oxidação; além disso, inibirá a ação de microrganismos anaeróbios, tais como o *Clostridium botulinum* (CHURCH; PARSONS, 1995). Esse microrganismo só aparecerá em caso de abusos de temperatura. Se a temperatura do armazenamento fica restrita a 2 °C (± 1 °C), o risco é mínimo. Os riscos associados com sistemas anaeróbios podem ser reduzidos pela inclusão de pequenas quantidades de oxigênio (PRENTICE; SAINZ, 2005).

O método de EAM consiste em eliminar ou substituir a atmosfera que rodeia o produto no momento da embalagem por outra (seja um gás, seja uma mistura otimizada de gases, tais como CO₂, N₂ e O₂), num processo hipobárico (JAY, 2004), especialmente preparado para cada tipo de alimento. Esse processo permite controlar melhor as reações químicas, enzimáticas e microbiológicas, minimizando as principais degradações que podem ocorrer durante o armazenamento (PARRY, 1993; MADRID, 1997).

O dióxido de carbono (CO₂) exerce um forte efeito inibidor sobre o crescimento bacteriano, sendo particularmente eficiente contra as bactérias aeróbias gram-negativas da decomposição, como *Pseudomonas* e *Shewanella*, que provocam alterações de cor e odor, principalmente em pescado (CHURCH, 1994). Até quando utilizado em baixas concentrações, o CO₂ é eficiente na preservação do pescado (BROWN *et al.*, 1980). Parry (1993) afirma que concentrações de CO₂ acima de 5% inibem o crescimento da maior parte das bactérias causadoras de deterioração, especialmente as psicrófilas, que crescem em grande parte dos alimentos refrigerados.

O oxigênio (O₂) geralmente estimula o crescimento de bactérias aeróbias e pode inibir o crescimento de bactérias estritamente anaeróbias, embora haja uma variação muito ampla na sensibilidade dos anaeróbios ao oxigênio (FARBER, 1991). É o responsável pela coloração vermelho-brilhante da carne fresca, por se ligar à hemoglobina, formando o complexo oximioglobina, sendo utilizado em embalagens com o intuito de melhorar a aparência dos produtos cárneos (PHILLIPS, 1996). No entanto, a presença do O₂ em grandes proporções induz ao aparecimento do ranço, devendo ser evitado por favorecer o processo de rancificação oxidativa (STAMMEN *et al.*, 1990), gerando sabor e odor desagradáveis e levando a uma redução no prazo de vida útil desses produtos.

O nitrogênio (N₂) é um gás insípido, incolor, inerte e com baixa solubilidade em água e em lipídeos. É usado para o deslocamento do oxigênio em embalagens, diminuindo o ranço oxidativo e inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios

(FARBER, 1991). Também é usado para manter a integridade da embalagem comercial, evitando o colapso ocasionado pela diferença de pressão pela retirada do ar em alimentos que consomem dióxido de carbono (CHURCH, 1994).

O uso das EAMs, associado à correta manipulação e aplicação do frio, permite prolongar a vida útil do pescado fresco refrigerado (PRENTICE; SAINZ, 2005). Outros pesquisadores, como Brown et. al. (1980), verificaram o efeito da temperatura, solubilidade e inibição de CO₂ e concluíram que, ao contrário do mecanismo sinérgico entre temperatura e solubilidade, todas as evidências apontam que o aumento de temperatura reduz a solubilidade e aumenta o crescimento microbiano.

Prentice e Sainz (2000) desenvolveram um produto minimamente processado à base de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) a partir das lavagens dos filés com hipoclorito de sódio e salmoura. Estes eram depois embalados a vácuo, prolongando a vida útil desse produto por até 60 dias. A mesma metodologia utilizada para o beijupirá (*Rachycentron canadum*) prolongou essa vida útil por até 30 dias em temperatura de refrigeração (GONZAGA, 2014).

Estudos aplicando a tecnologia EAM em pescado são relativamente recentes. A aplicação de misturas gasosas mais convenientes para a conservação e otimização do armazenamento ainda não está totalmente definida, assim como as alterações na caracterização sensorial e nos parâmetros físico-químicos de várias espécies quando embaladas em atmosfera modificada; entretanto, a mais promissora até o momento parece ser a atmosfera enriquecida com altas concentrações de CO₂ (SOCCOL et al., 2005; FERNANDEZ et al., 2009). Esses autores, respectivamente, compararam o efeito da EAM na conservação de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e salmão (*Salmo salar*). Atualmente, a EAM está difundida em praticamente todos os países desenvolvidos, e entre 10% e 40% dos produtos de origem animal já são comercializados em EAM. Na Europa, verifica-se a maior proporção de alimentos comercializados embalados em atmosfera modificada nas prateleiras dos supermercados (SORHEIM; NISSEN, 2009; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

MATERIAL PARA EMBALAGENS

A maioria dos alimentos minimamente processados necessita de refrigeração e de uma embalagem adequada, sendo esta essencial para controlar as interações entre o produto, o meio e o consumidor (HAUGAARD; MORTENSEN, 2003). Diversos métodos e materiais são utilizados para embalar esses alimentos, sendo uma área de grande crescimento e inovação tecnológica. Basicamente, procura-se manter a qualidade dos alimentos durante um maior período de tempo e produzir um menor impacto ambiental, por meio da aplicação de materiais obtidos de fontes renováveis (biopolímeros) e compostáveis e/ou da redução de material. Os materiais mais utilizados nas embalagens são plásticos, que em geral são materiais econômicos, versáteis e flexíveis (SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

Diversos fatores devem ser considerados no momento da escolha de um determinado tipo de embalagem e seu material, principalmente para pescados, sendo necessário se ter em mente as características do alimento, a forma de processamento, o tempo de vida útil almejado e, acima de tudo, o custo do processo de embalagem. Dentre as possibilidades, temos polietileno de baixa densidade (sacos simples), polietileno de alta densidade (bolsas térmicas e caixas), poliaminas (*nylon*, sacos para vácuo), poliéster (*PET*, alternativa para *nylon* em sacos ou bandejas para produtos a vácuo) e Cryovac (embutidos autoclavados) (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

APLICAÇÕES NO BEIJUPIRÁ

O beijupirá é uma espécie de porte relativamente grande, com rápido crescimento e carne de excelente qualidade, o que o valoriza economicamente, além de que praticamente todas as suas partes podem ser utilizadas. O filé é considerado de altíssima qualidade, adequando-se ao consumo na forma de sashimi ou em outros pratos sofisticados (CRAIG et al., 2006).

Obtenção da matéria-prima

Foram utilizados espécimes de beijupirá provenientes de piscicultura intensiva, em tanques-rede instalados próximos à costa marinha. Utilizaram-se animais criados desde a fase juvenil com ração extrusada específica para peixes carnívoros e suplementada com rejeitos da pesca. Os peixes foram capturados por meio de puçá e abatidos por hipotermia. Eles foram colocados diretamente em caixas de isopor, onde sofreram choque térmico, por meio da imersão dos animais em água acrescida de gelo a 2 °C (± 1 °C). Após esse procedimento, os espécimes foram transportados para uma planta de processamento de pescados, onde foram beneficiados.

Preparação das amostras

O preparo das amostras iniciou-se com a lavagem do pescado inteiro, tendo, posteriormente, sofrido descabeçamento, evisceração, retirada de escamas e pele e imediatamente filetagem e lavagem com soluções de 3% cloreto de sódio para a retirada de resíduos de sangue e impurezas e de 0,3% hipoclorito de sódio para reduzir a carga bacteriana residual. Finalmente foi feita nova lavagem por rápida imersão em solução de cloreto de sódio a 10%. Em seguida, as porções de filé foram acondicionadas em escorredores por 2 min, para permitir a drenagem da solução de lavagem, e pesados em balança automática (filés de 250 g \pm 20 g), colocados em bandejas com gelo e acondicionados em embalagens plásticas de *nylon* de polietileno esterilizadas. Essas operações foram conduzidas em mesa processadora de aço inoxidável, com utensílios para apoio de plástico rígido e para corte, por operadores munidos de luvas, toucas, máscaras, avental e botas brancas. Os utensílios utilizados foram previamente autoclavados.

Embalagem do pescado

No Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), as porções de filé foram embaladas individualmente e acondicionadas em sacos plásticos de alta densidade de etileno-álcool-vinílico (EVOH) à base de *nylon* de polietileno, de cinco camadas, denominados de *coextrusão multicamadas*. Antes da selagem, o ar foi removido automaticamente por meio de um sistema de retirada de ar (vácuo), e posteriormente foram injetadas diferentes misturas de gases naturais purificados, utilizando uma seladora automática, da marca TecMaq, modelo AP 450.

A embalagem dos filés foi realizada em duplicata, conforme condições mostradas na Tabela 16.1. Utilizou-se a proporção 2:1 gás/pescado (250 g/500 ml de gás), e os filés foram submetidos à refrigeração à temperatura de 2 °C (± 1 °C) e armazenados em estufa climatizada.

Tabela 16.1 – Composição proporcional (%) das atmosferas utilizadas nas embalagens dos filés de beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Atmosfera	CO ₂	O ₂	N ₂	TOTAL
Controle	0,03	21	78	100
Vácuo	0	0	0	0
CO ₂	100	0	0	100

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Análise de composição proximal química

Para determinar a composição proximal química dos filés, foram realizadas análises de umidade, lipídios, cinzas e proteínas conforme descrito pela AOAC (2000). A determinação da umidade foi realizada pelo método gravimétrico, através de perda de massa do material aquecido a 105 °C em estufa até obter massa constante.

A determinação de lipídios foi realizada pelo método de Soxhlet, utilizando o éter de petróleo como solvente. A determinação de cinzas foi realizada pela queima do material em bico de Bunsen seguida de incineração em mufla a 550 °C, até apresentar cor cinza-clara ou branca; logo depois, foi pesado até obter massa constante. A determinação da proteína foi realizada pelo método de Kjeldahl (pela medição do nitrogênio total).

Análises físicas, físico-químicas e bioquímicas

Para a determinação das bases voláteis totais (N-BVT) e da quantidade de ácido tiobarbitúrico (TBA), foi realizada a homogeneização de 50 g de amostra em 100 ml de ácido tricloroacético (TCA) (7,5%) por 1 min, em um homogeneizador, seguida da obtenção do extrato a partir da filtração a vácuo do homogeneizado e seu posterior acondicionamento em balões volumétricos. Desses balões, foram subtraídas e pesadas as quantidades referentes a cada análise, como nos métodos da AOAC (2000). A determinação do N-BVT foi por meio de precipitação proteica com ácido tricloroacético e avaliação das bases voláteis nitrogenadas totais no TCA por extração, usando o método micro-Kjeldahl, conforme Jesus (1999). Para determinação do TBA, foi realizada a precipitação das proteínas associadas com lipídios e fosfolipídios e leitura em espectrofotômetro a 538 nm, utilizando-se um fator de conversão para transformar miligrama de malonaldeído por quilograma de alimento (SÃO PAULO, 1985). A determinação do pH foi realizada de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (SÃO PAULO, 1985), pela leitura em potenciômetro, utilizando 50 g do músculo do beijupirá homogeneizado em água destilada, na proporção 1:1.

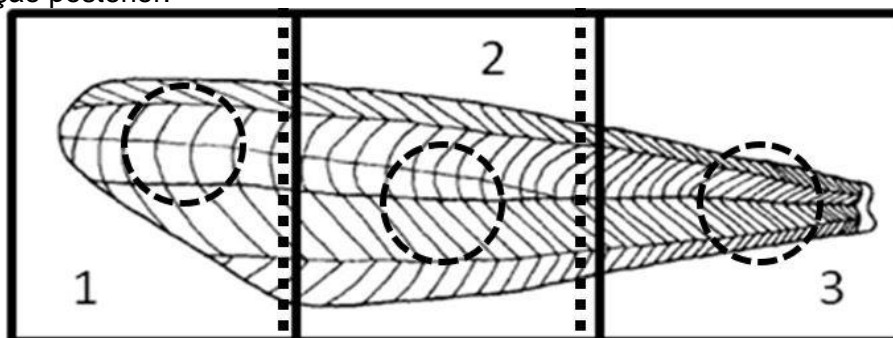
Análise de textura

A determinação da textura dos filés foi analisada conforme metodologia adaptada de Sigurgisladottir *et al.* (1999), utilizando o analisador de textura da marca SMS, modelo TA.XT plus, equipado com uma célula de carga de 10 kg e com uma lâmina de corte tipo guilhotina, que opera a uma velocidade de 40 mm.s⁻¹ a uma distância de 25 mm. A textura da carne de pescado foi avaliada através da medida da resistência ao corte (força de cisalhamento). Os filés foram cortados em cubos, medindo aproximadamente 25 x 25 x 20 mm, e estes foram cortados transversalmente à direção das fibras musculares. Obteve-se, assim, o parâmetro de força de quebra (cisalhamento) em Newton (N).

Análise de cor

Para analisar a cor, os parâmetros luminosidade (L*), vermelho (a*) e amarelo (b*) foram medidos com um colorímetro CR-400 Chroma Meter (Konica Minolta Instrument Systems) (MINOLTA, 2007). As porções de filé de beijupirá, com aproximadamente 100 g, foram cortadas em três partes, sendo escolhidos três pedaços (1, 2, e 3) dos diferentes pontos dos filés, conforme o esquema da Figura 16.1, para ser analisados individualmente, correspondendo às porções central, lateral e posterior do filé.

Figura 16.1 – Esquema dos cortes (pontilhado) realizados na porção do filé de beijupirá (*Rachycentron canadum*): (1) porção anterior, (2) porção médio-lateral e (3) porção posterior.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Análises microbiológicas

Foram realizadas análises microbiológicas dos filés para *Staphylococcus* coagulase positiva, salmonela (detecção presuntiva), coliformes termotolerantes (através da técnica do NMP por grama de pescado), psicrófilos e mesófilos. Para isso, foram pesados 25,0 g ($\pm 0,2$ g) de amostra, adicionados em 225 ml de solução peptonada 0,1% e homogeneizados por aproximadamente 90 segundos em Stomacher, e foram realizadas as diluições correspondentes para cada análise e procedimento, segundo Silva *et al.* (1997).

RESULTADOS

Os resultados da composição proximal dos filés de beijupirá estão dispostos na Tabela 16.2. A variação na composição química de peixes marinhos está relacionada com a nutrição, o tamanho do peixe, a estação do ano, as variações sazonais e o sexo do animal, bem como outras condições ambientais (GONÇALVES, 2010). A variação na composição química, devido aos fatores mencionados acima, pode levar a alterações nos atributos, incluindo sabor, odor, textura, cor e aparência, que controlam a aceitabilidade do pescado como alimento (FLICK; MARTIN, 1992).

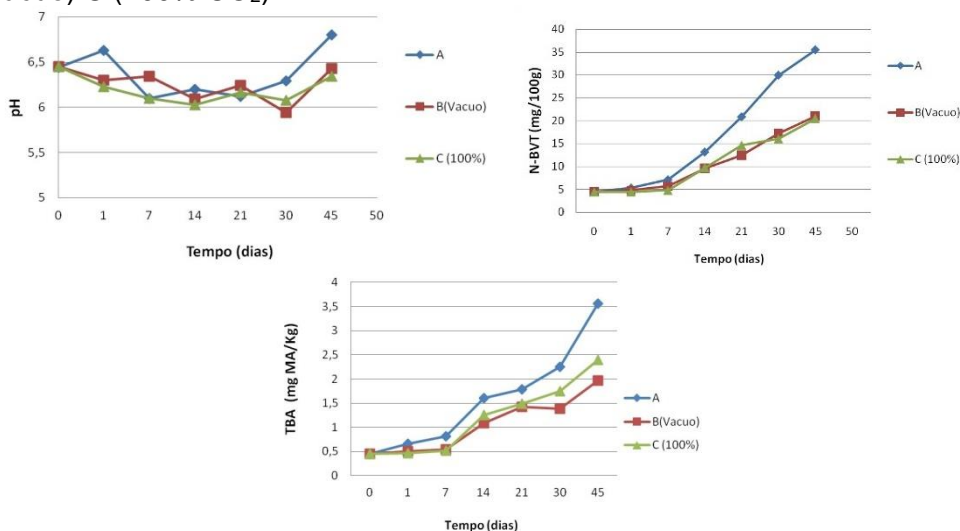
Tabela 16.2 – Composição proximal química média (\pm DP) do tecido muscular dos filés de beijupirá (*Rachycentron canadum*).

	(%)
Umidade	76,85 \pm 1,26
Proteína	16,85 \pm 1,60
Lipídios	3,48 \pm 0,32
Cinzas	0,96 \pm 0,02

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Os resultados de pH, N-BVT e TBA estão representados graficamente na Figura 16.2. O pH das amostras de EAM foi mais baixo e mais estável quando comparado com o das amostras armazenadas em ar. O pH das amostras dos tratamentos 100% CO₂ e vácuo permaneceu estável durante todo o período de armazenamento, enquanto o do controle aumentou após 4 semanas de armazenamento (Figura 16.2).

Figura 16.2 – Variações de pH, bases voláteis totais (N-BVT) e TBA em filés de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em embalagem em atmosfera modificada (EAM) mantidos sob refrigeração a 2 °C (± 1 °C) sob diferentes atmosferas: A (controle), B (a vácuo) C (100% CO₂).



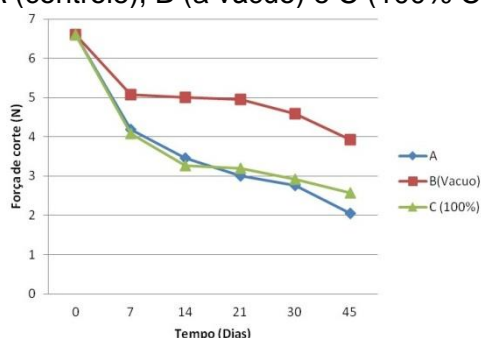
Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Os valores de N-BVT para os tratamentos a vácuo e 100% CO₂ estiveram abaixo do limite estabelecido pela legislação brasileira, que é de 30 mg/100 g (BRASIL, 2002). Por outro lado, valores mais elevados de N-BVT foram observados na amostra-controle. No entanto, os tratamentos a vácuo e 100% CO₂ não foram significativamente diferentes ($p>0,05$) em função dos tratamentos e períodos de armazenamento (Figura 16.2).

Em relação aos valores de TBA, as amostras dos tratamentos a vácuo e 100% CO₂ permaneceram abaixo do limite de aceitabilidade estabelecido por alguns autores (KE *et al.*, 1984; AL-KAHTANI *et al.*, 1996; OSAWA *et al.*, 2005), que é de 1,5 mg de malonaldeído/100 g de porção muscular, durante 21 dias. Para as amostras do controle, entretanto, verificou-se um aumento significativo ao longo do período de armazenamento, diferenciando-se dos demais tratamentos ($p<0,05$). Os filés de beijupirá mantidos sob refrigeração em atmosfera normal (controle) apresentaram níveis de TBA de 1,6 mg de malonaldeído/100 g após 14 dias de armazenamento (Figura 16.2). Os valores observados para o tratamento de embalagem a vácuo foram mais baixos no final do período de armazenagem. Isso foi provavelmente causado pela ausência de gás, o que retardou o processo oxidativo dos ácidos graxos poli-insaturados nesse tratamento.

Na Figura 16.3, podemos observar que, independentemente do tratamento, a força de cisalhamento diminuiu com o tempo de armazenamento. No entanto, a diminuição foi maior para o tratamento com a maior concentração de CO₂ que para a amostra a vácuo.

Figura 16.3 – Valores de textura (força de cisalhamento, expressa em N) em filés de beijupirá (*Rachycentron canadum*) mantidos em embalagem em atmosfera modificada (EAM) e sob refrigeração a 2 °C (± 1 °C) ao longo do tempo com diferentes atmosferas: A (controle), B (a vácuo) e C (100% CO₂).

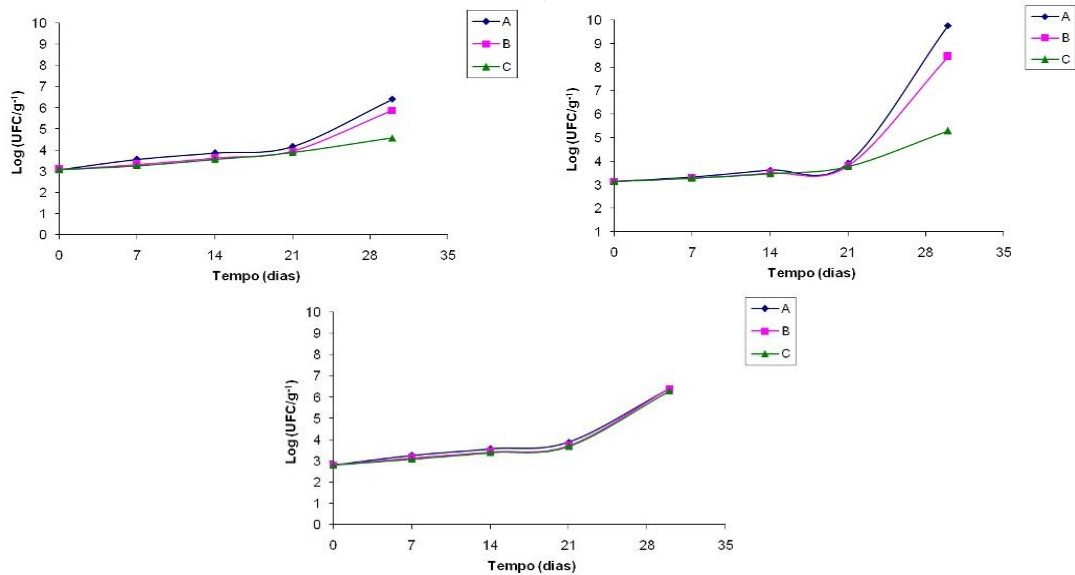


Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

O tratamento-controle apresentou maior redução na textura, seguido do tratamento 100% de CO₂ e do a vácuo em 45 dias de armazenamento sob refrigeração. De acordo com Dhananjayan *et al.* (2006) e Casas *et al.* (2006), a diminuição da força de corte é relativa à deterioração microbiana durante o período de armazenagem, quando a absorção de nutrientes ocorre por bactérias e as fibras se quebram mais facilmente em resistência ao corte.

As curvas de crescimento de microrganismos mesófilos aeróbios em filés de beijupirá embalados em diferentes atmosferas modificadas, apresentadas na Figura 16.4, demonstraram que a contagem desses microrganismos aumentou com os dias de armazenamento em todos os tratamentos e só houve diferença significativa no último dia de análise. Uma diferença entre o tratamento-controle e 100% CO₂ foi observada após 30 dias de armazenamento, demonstrando que para esses microrganismos o gás utilizado reduz a taxa de crescimento.

Figura 16.4 – Valores médios dos logaritmos das contagens de microrganismos mesófilos, psicrotróficos e de *Staphylococcus* spp. em amostras de filés de beijupirá (*Rachycentron canadum*) mantidas em embalagem em atmosfera modificada (EAM) sob diferentes atmosferas: A (controle), B (a vácuo) e C (100% CO₂).



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

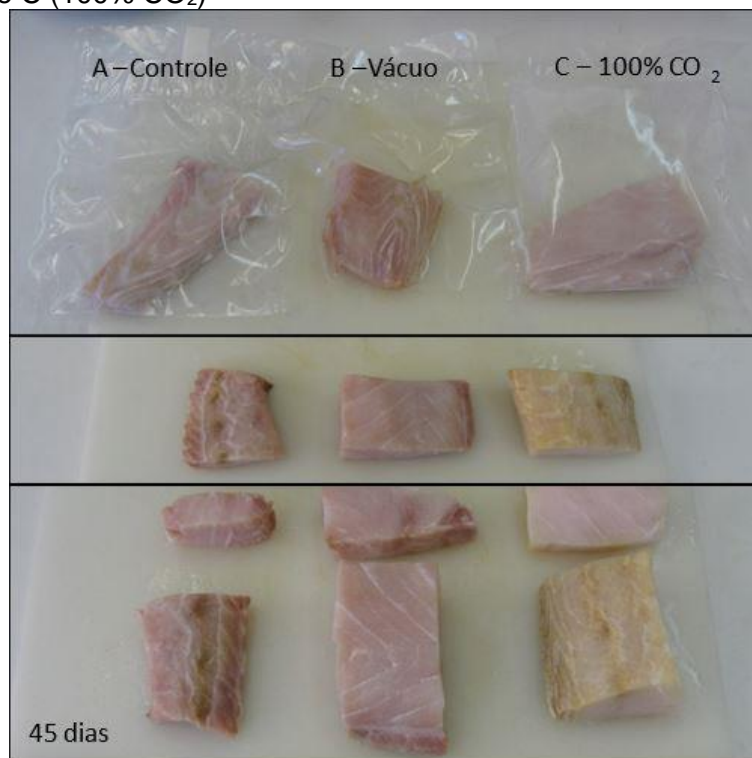
As curvas de crescimento dos microrganismos aeróbios psicrotróficos (Figura 16.4) foram crescentes em relação ao tempo de armazenamento, sendo que o tratamento-controle apresentou um aumento de aproximadamente 68% entre o primeiro e o último dia de armazenamento, enquanto o tratamento 100% de CO₂ apresentou um menor crescimento. Muitos microrganismos de deterioração aeróbia são inibidos por concentrações de até 20% de CO₂, prolongando a vida útil do produto com o aumento da concentração do gás (ROTABAKK *et al.*, 2006) – o que corroborou os resultados encontrados no presente estudo, onde foi observado que o uso de CO₂ aumentou o tempo de vida útil dos filés de beijupirá em relação ao controle. A legislação brasileira não estabelece limites para psicrotróficos, mas altas contagens desses microrganismos contribuem para a redução da vida útil do produto.

A contagem de *Staphylococcus* não apresentou diferenças ($p > 0,05$) em função dos tratamentos ou do período de armazenamento, com valores acima de 10^3 UFC/g após 30 dias de armazenamento. O Compêndio de Normas e Padrões para Alimentos (BRASIL, 2001) estabelece um limite máximo de 10^3 *Staphylococcus* positiva.g⁻¹ para peixe fresco refrigerado. *Salmonella* spp. não foi detectada em nenhuma das amostras, indicando a higiene e segurança dos produtos.

Em relação à cor dos filés, após 45 dias de estocagem (Figura 16.5), para a amostra-controle aumentaram as variações para o tom amarelo-esverdeado, apresentando aparência de produto em deterioração. Para o tratamento 100% CO₂, o tom amarelo se tornou mais evidente, devido às maiores concentrações de CO₂, o que tornou o meio mais ácido, mantendo as partes internas dos filés com melhor aparência. Já o tratamento a vácuo apresentou a melhor tonalidade de brancura.

As embalagens a vácuo e 100% de CO₂ apresentaram resultados satisfatórios durante o período de armazenamento, dentro dos limites de aceitabilidade propostos pela legislação vigente. O tratamento com EAM (100% CO₂) manteve a estabilidade das características químicas, físicas, microbiológicas, de textura e cor dos filés ao longo do experimento, prolongando a vida útil de 14 para 30 dias. A embalagem a vácuo mostrou ser uma alternativa viável para prolongar a vida comercial dos filés de beijupirá fresco a um custo menor, já que não se utiliza de outros gases e/ou embalagens no processo.

Figura 16.5 – Coloração das porções de filé de beijupirá (*Rachycentron canadum*) mantidos em embalagem em atmosfera modificada (EAM) após 45 dias de estocagem sob refrigeração a 2 °C (± 1 °C) sob diferentes atmosferas: A (controle), B (a vácuo) e C (100% CO₂)



Fonte: Marcondes A. Gonzaga Jr.

REFERÊNCIAS

AL-KAHTANI, H.A.; ABU-TARBOUSH, H.M.; BAJABER, A.S. Chemical changes after irradiation and post-irradiation storage in tilapia and Spanish mackerel. **Journal of Food Science**, v. 61, p. 729-733, 1996.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 2000.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. Volume 3. Cap. 10 (219-276): Materiais de embalagem e tecnologias de envase. São Paulo: Editora Atheneu, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal – RIISPOA. Pescados e derivados**, C. 7, seção 1. Brasília. 2002.

BROWN, W.D. *et al.* Modified atmosphere storage of rockfish (*Sebastes miniatus*) and silver salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Journal of Food Science**, v. 45, p. 93-101, 1980.

CASAS, C. *et al.* Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods. **Food Control**, v. 17, p. 511-515, 2006.

CHURCH, I.J.; PARSONS, A.L. Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal of Science and Food Agricultural**, v. 67, p. 143-152, 1995.

CHURCH, N. Developments in modified-atmosphere packing and related technologies. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, p. 345-352, 1994.

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

DHANANJAYAN, R. *et al.* Growth depth effects of bacteria in ground Turkey meat patties subjected to high carbon dioxide or high oxygen atmospheres. **Poultry Science**, v. 85, p. 1821-1828, 2006.

- DITTY, J.G., SHAW, R.F. Larval development, distribution, and ecology of cobia *Rachycentron canadum* (Family: Rachycentridae) in the Northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**. v. 90, p. 668-677, 1992.
- FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging technology – a review. **Journal of Food Protection**. v. 54, p. 58-70, 1991.
- FLICK, G. R., MARTIN, R. E. **Advances in Seafood Biochemistry. Composition and Quality**. Technomic Publishing Co.: Lancaster. 1992.
- FRANKS, J. S., WARREN, J. R., BUCHANAN, M. V. Age and growth of cobia, *Rachycentron canadum*, from the Northeastern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 97, p. 459-471, 1999.
- FERNÁNDEZ K.; ASPE, E., ROECKEL M. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using natural additives, super chilling and modified atmosphere packaging. **Food Control**, v. 20, p. 1036-1042, 2009.
- GENIGEORGIS, C. A. Microbial and safety implications of the use of modified atmosphere to extend the storage life of fresh meat and fish. **International Journal of Food Microbiology**, v. 1, p. 237-251, 1985.
- GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação** (1. ed.). Rio de Janeiro: Atheneu. 2010. 700pp.
- GONZAGA, M. A. Jr. **Avaliação da qualidade e processamento do bijupirá (*Rachycentron canadum*) procedente de piscicultura**. 2014. 131f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil.
- HAUGAARD, V. K.; MORTENSEN, G. Biobased food packaging. In: MATTSON, B.; SONNENSON, U. (Eds.). **Environmentally Friendly Food Processing**. Cambridge: Woodhead publishing, p. 170-193. 2003
- HUSS, H.H. El pescado fresco: su calidad y cambios en su calidad. In: HUSS, H.H. (Ed.). **Doc. Tec. de Pesca n. 348**, Roma: FAO, 1998. 202pp.
- JAY, J. M. **Microbiologia dos alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 308-324. 2004.
- JESUS, R.S. **Estabilidade de “minced fish” de peixes amazônicos durante o congelamento**. 1999. 105f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- MADRID, A. **Refrigeración, Conservación y Envasado de Los Alimentos**. Mundi-Prensa. Madrid, España. 1997. 174p.
- MINOLTA. **Chroma meter CR-400/410 Instruction manual**. Osaka, Japão. 2007
- OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos e higiênicos e nutricionais**. 1999. 198f. Tese (Livre-docente). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, p. 655-663, 2005.
- OZOGUL, Y.; OZOGUL, F. The effects of slaughtering methods on the freshness quality of rainbow trout. **European Food Research and Technology**, v. 219, p. 211-216, 2004.
- PARRY, R. T. **Envasado de los alimentos en atmósfera modificada**. Madrid: A Madrid Vicent, 1993, p. 13-31.
- PHILLIPS, C. A. Review: modified atmosphere packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 31, p. 1723-1728, 1996.
- PRENTICE, C.; SAINZ, R. Cinética de deterioração apresentada por filés de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 127-131, 2005.
- ROTABAKK, B.T. *et al.* Effect of modified atmosphere packaging and soluble gas stabilization on the shelf life of skinless chicken breast fillets. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 124-131, 2006.
- SÃO PAULO. **Secretaria de Saúde. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. I. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos** (3. ed.). São Paulo. 1985. 533p.
- SANTOS, J.S.; OLIVEIRA, M.B.P.P. Revisão: Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 1-14, 2012.

- SIKORSKI, Z. E. **Tecnología de los productos del mar: Recursos, composición nutritiva y conservación**. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A. 1994. 315pp.
- SIGURGISLADOTTIR, S. *et al.* Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. **Journal of Food Science**, v. 64, p. 99-104, 1999.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela. 1997
- SIMPSON, R., CAREVIC, E. Designing a modified atmosphere packaging system for foodservice portions on non-respiring foods: optimal gas mixture and food/headspace ratio. **Food Service Research International**, v. 4, p. 257-272, 2004.
- SOCCOL, M.C.H. *et al.* Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 8, p. 7-15. 2005
- SORHEIM, O.; NISSEN, H. Current technology for modified atmosphere packaging of meat. Disponível em: <http://www.foodsciencecentral.com/library.html#ifis/3800>.
- STAMMEN, K.; GERDES, D.; CAPORASO, F. Modified atmosphere packaging of seafood. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 29, p. 301-331, 1990.
- TORRIERI, E. *et al.* Influence of modified atmosphere packaging on the chilled shelf life of gutted farmed bass (*Dicentrarchus labrax*). **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 1078-1086, 2006.
- WOLFE, S.K. Use of CO and CO₂ enriched atmospheres for meats, fish and produce. **Food Technology**, v. 34, p. 55-58, 1980.

CAPÍTULO 17

SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO BEIJUPIRÁ: POTENCIAL FONTE DE MOLÉCULAS BIOATIVAS

Ranilson de Souza Bezerra
Helane Maria Silva da Costa
Renata Cristina da Penha França

A pesca, extração de organismos aquáticos para fins alimentícios, recreativos, industriais e ornamentais, representa um importante segmento na economia mundial. O consumo anual de produtos pesqueiros tem crescido nas últimas três décadas, e a expectativa é de que cresça 50% até 2030 (TIDWELL; ALLEN, 2001; FAO, 2020). O aumento na demanda por produtos pesqueiros para consumo humano tem resultado em um constante crescimento da produção aquícola mundial. Embora em termos percentuais a pesca ainda seja responsável por 48% do pescado produzido para consumo humano (FAO, 2020), essa atividade vem apresentando sinais de estabilização desde a década de 1980. A aquicultura, uma das formas de produção de alimentos que mais cresce, é apontada como a principal alternativa para incrementar a oferta de pescado, sendo considerada uma fonte importante de alimento devido à crescente demanda populacional.

Na atualidade, cerca de 150 espécies diferentes de peixes, crustáceos, moluscos e plantas (micro e macroalgas) têm sua produção bem estabelecida mundialmente, e a maior participação na produção comercial se encontra na piscicultura (acima de 50%). No mundo, os exemplos mais representativos de piscicultura incluem as carpas, as tilápias (*Oreochromis* spp.), os salmonídeos e algumas espécies ornamentais. Apesar do grande potencial para o desenvolvimento da aquicultura, o Brasil está muito aquém de seu potencial produtivo. Estima-se que a produção brasileira possa atingir até 20 milhões de toneladas anuais, atendendo não apenas ao consumo interno, mas também a uma crescente demanda externa (SIDONIO *et al.*, 2012).

O desenvolvimento da aquicultura tem levado a um consenso sobre o gerenciamento e a proteção de ambientes costais. Atividades ligadas à aquicultura podem levar a numerosos efeitos negativos sobre ecossistemas marinhos (WU, 1995). Com o aumento da produção pesqueira e, conseqüentemente, do volume de pescado processado mundialmente, grande quantidade de resíduos e de subprodutos tem sido gerada. Tal fato representa um grande desafio para empresários e comunidade científica interessados em encontrar estratégias para que a produção de organismos aquáticos, seja oriunda do extrativismo, seja da aquicultura, torne-se uma atividade sustentável.

Considerando-se a produção mundial de peixes e produtos pesqueiros no ano de 2018, aproximadamente 87% (156 milhões de toneladas) foram destinados ao consumo humano, contabilizando o consumo médio de 20,5 quilos de peixe por pessoa (FAO, 2020). O restante, 23,0 milhões de toneladas, foi utilizado para fins ornamentais, como isca; para produção de alevinos; para fins farmacêuticos; mas principalmente para a obtenção de vários produtos não alimentícios, como farinha e óleos, e de matéria-prima para alimentação na aquicultura e na pecuária (FAO, 2020).

Contudo, em função da demanda mundial por alimentos, observa-se um crescimento, a partir da década de 1990, na proporção de peixes destinados ao consumo humano com relação àqueles destinados à produção de farinha e óleo de peixe (FAO, 2020). Segundo Arruda (2004), cerca de 50% do pescado mundial produzido em 2000 transformou-se em resíduo. Supondo que esse percentual tenha-se mantido

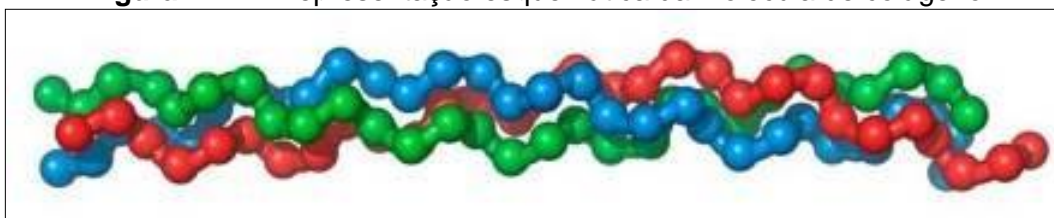
ao longo dos anos, dos 156 milhões de toneladas de pescado produzidos em 2018 e destinados ao consumo humano, 78 milhões teriam sido descartados, constituindo-se em uma fonte significativa de desperdício de recursos e uma potencial fonte de contaminação ambiental.

Como um produto altamente perecível, peixes possuem uma necessidade significativa de processamento, o que gera grande quantidade de resíduos líquidos (águas residuais) e sólidos (pele, ossos, vísceras, nadadeiras e cabeças) (DOODE, 1996). A agregação de valor e a comercialização dos insumos gerados pela indústria no processamento de peixes são importantes estratégias que visam reduzir o ônus econômico e ambiental dessa atividade. Além disso, a utilização desses subprodutos permite à indústria uma produção sustentável que pode gerar receitas adicionais à empresa, bem como minimizar os custos do descarte desses materiais (ARVANITOYANNIS; KASSAVETI, 2008).

Além da utilização na produção de hidrolisado proteico, de farinha e de óleo de peixe (AIDOS *et al.*, 2001; ARVANITOYANNIS; KASSAVETI, 2008; COSTA-BOMFIM *et al.*, 2017), os resíduos da indústria pesqueira (peixes e camarões) são passíveis de aplicação em diversos segmentos do setor industrial, entre eles na alimentação animal (ESTEBAN *et al.*, 2006); em produtos dietéticos (quitosana) (GILDBERG; STENBERG, 2001); em pigmentos naturais (SACHINDRA *et al.*, 2006); na imobilização de cromo (OZAWA *et al.*, 2003); fertilizante de solo (MORIMURA *et al.*, 2002); em embalagens de alimentos (quitosana, gelatina e colágeno) (ARVANITOYANNIS *et al.*, 1998; CARVALHO *et al.*, 2008); na obtenção de enzimas, principalmente proteases (BEZERRA *et al.*, 2001; SOUZA *et al.*, 2007; ESPÓSITO *et al.*, 2009a; 2009b; SILVA *et al.*, 2011; FREITAS JR *et al.*, 2012; COSTA *et al.*, 2013); e na indústria farmacêutica e de cosméticos (colágeno) (ZHANG *et al.*, 2006; HWANG *et al.*, 2007; BENJAKUL *et al.*, 2010; LIU *et al.*, 2012).

Considerada uma das biomoléculas de maior interesse comercial, o colágeno pode ser obtido dos resíduos da indústria pesqueira (ossos, pele, escamas e bexiga natatória). É a proteína fibrosa de origem animal mais abundante e representa 30% da proteína total e 6% em peso do corpo humano (TONHI; PLEPIS, 2002) (Figura 17.1). O colágeno é o principal elemento estrutural de ossos, cartilagens, pele, tendões, ligamentos, vasos sanguíneos, dentes, córneas e demais órgãos dos vertebrados (SENARATNE *et al.*, 2006). Por se tratar de um importante biomaterial, a utilização industrial do colágeno – devido às suas propriedades, incluindo biodegradabilidade, baixa antigenicidade e a propriedade direta de adesão celular – é variada e abundante, com destaque para a indústria de cosméticos, a cultura de células, a produção de gelatina fotográfica, a indústria de couro e a síntese de biofilme para embalagens de alimentos embutidos (IKOMA *et al.*, 2003; ZHANG *et al.*, 2006; WOO *et al.*, 2008). A gelatina, derivada do colágeno, é amplamente utilizada em diversos produtos comerciais (SENARATNE *et al.*, 2006).

Figura 17.1 – Representação esquemática da molécula de colágeno



Fonte: <http://www.colagenohidrolisado.com.br/colageno.htm>

Na indústria farmacêutica e na medicina, o colágeno é utilizado como implantes vítreos, carreadores de drogas, suporte de enzimas e compostos biologicamente ativos, além de sua utilização em tratamentos médicos, como diabetes, obesidade e artrite (ZHANG *et al.*, 2006; WOO *et al.*, 2008). O colágeno é o mais abundante biopolímero presente nos animais e fornece excelente base para biomateriais (SIONKOWSKA *et al.*,

2009). Após sua extração, o colágeno pode ser processado para obtenção de filmes, esponjas, membranas e fibras (WISNIEWSKI *et al.*, 2007).

A pele e os ossos de bovinos e porcos geralmente são as principais fontes de colágeno e gelatina. Entretanto, as doenças de mamíferos, como a encefalopatia espongiforme bovina (BSE), encefalopatia espongiforme transmissível (TSE) e a febre aftosa (FMD), têm resultado na necessidade de obtenção dessa proteína através de outras fontes, devido ao risco de transferência das doenças aos humanos e a barreiras impostas por algumas religiões como judaísmo e islamismo ao colágeno de porco. Em função desses problemas, existe uma grande demanda na busca por fontes alternativas e mais seguras para a obtenção desse composto (ZHANG *et al.*, 2007).

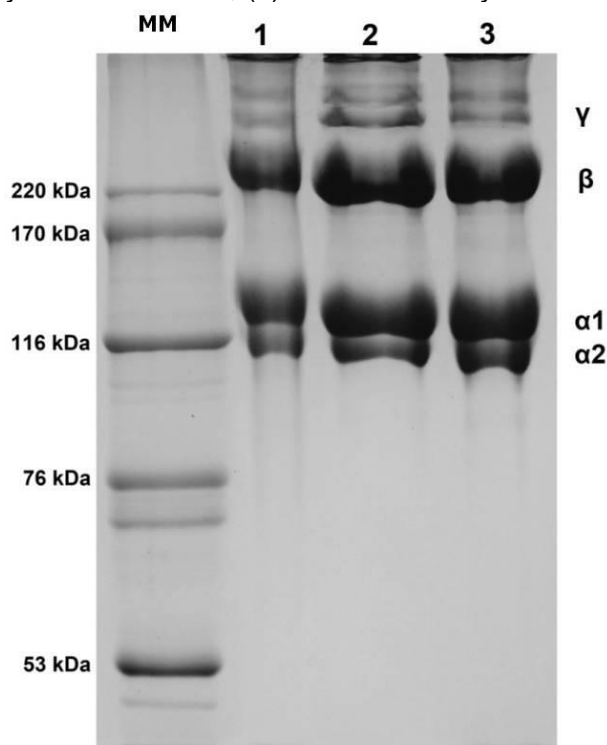
Dentre várias possibilidades, os peixes merecem destaque principalmente devido à grande disponibilidade, à ausência de risco de transmissão de doenças e de barreiras religiosas, ao alto rendimento no processo de extração e à ausência de toxicidade (SENARATNE *et al.*, 2006). Vários estudos têm focado a extração e caracterização de diferentes colágenos a partir de várias espécies aquáticas: *Stomolophus nomurai* (KIMURA *et al.*, 1983); *Asterias amurensis* (KIMURA *et al.*, 1993); *Pagrus major* e *Oreochromis niloticus* (IKOMA *et al.*, 2003); *Lates niloticus* (MUYONGA *et al.*, 2004); *Raja kenoei* (HWANG *et al.*, 2007); *Thunnus albacares* (WOO *et al.*, 2008); *Aluterus monoceros* (AHMAD; BENJAKUL, 2010); *Pleurogrammus azonus* (NALINANON *et al.*, 2010); *Pangasianodon hypophthalmus* (SINGH *et al.*, 2011); *Sebastes mentella* (WANG *et al.*, 2011); e *Hypophthalmichthys nobilis* (LIU *et al.*, 2012), por exemplo. Peles, ossos, nadadeiras e escamas são tecidos formados principalmente por colágeno, e, embora as propriedades químicas e físicas do colágeno de peixes sejam diferentes das dos mamíferos, não há associação dessas proteínas com as doenças citadas anteriormente (BSE, TSE e FMD) devido à grande distância evolucionária entre peixes e humanos (SONG *et al.*, 2006). Nos peixes teleósteos, aproximadamente 10% do peso total corresponde à pele.

Em geral, entre as espécies, há uma ampla variedade de composições de aminoácidos em colágenos de peixe, especialmente nos níveis de prolina e hidroxiprolina (GUDMUNDSSON; HAFSTEINSSON, 1997). Assim como ocorre em mamíferos, o colágeno total nos tecidos dos peixes pode ser isolado pela extração direta com ácidos orgânicos, ácidos inorgânicos e extração enzimática (SKIERKA; SADOWSKA, 2007). O rendimento dessa extração dependerá da espécie, da idade e dos parâmetros de extração (temperatura, tempo e pH) e seu pré-tratamento. O aumento da solubilidade do colágeno após o tratamento enzimático depende da espécie de peixe. O colágeno de algumas espécies é completamente solúvel em ácido acético após o tratamento enzimático (NAGAI *et al.*, 2002; SENARATNE *et al.*, 2006), porém, para outras espécies, a solubilidade após o tratamento enzimático aumenta apenas 5% (JONGJAREONRAK *et al.*, 2005). Resíduos do processamento pesqueiro do beijupirá (*Rachycentron canadum*) foram utilizados como fonte para extração de colágeno. Colágeno ácido solúvel (ASC) e pepsino solúvel (PSC) tipo I foram isolados e caracterizados a partir da pele dos peixes, o rendimento da extração (baseado no peso seco) do ASC e do PSC foi 54,3% e 12,9%, respectivamente. As peles não foram completamente solubilizadas na extração com ácido acético 0,5 M. Em contrapartida, o resíduo da extração com ácido acético foi facilmente solubilizado com a utilização de pepsina comercial. O rendimento da extração de colágeno dependerá da espécie de animal usada, da idade, dos parâmetros de extração (temperatura, tempo e pH) e do seu pré-tratamento. O aumento da solubilidade do colágeno após o tratamento enzimático depende da espécie do peixe. Em animais aquáticos, estudos apresentam rendimentos da extração variando entre 0,43% (THUY *et al.*, 2014) e 92,2% (WANG *et al.*, 2007). Essas espécies se encontram amplamente distribuídas em águas rasas e profundas de clima tropical, subtropical, temperado e polar.

O perfil eletroforético das amostras de colágeno ácido solúvel e pepsino solúvel obtidas da pele dos peixes está representado na Figura 17.2. As amostras apresentaram

padrão similar, cadeias α_1 e α_2 na proporção de 2:1 foram observadas. De acordo com Singh *et al.* (2011), a taxa de relação entre α_1 e α_2 são características do colágeno tipo I. Além das cadeias α também foram observadas cadeias, de maior peso molecular, β e γ . Padrão similar foi observado por outros autores extraíndo colágeno da pele de outros peixes (SINGH *et al.*, 2011; LIU *et al.*, 2012; MORI *et al.*, 2013; THUY *et al.*, 2014).

Figura 17.2 – SDS-PAGE (7,5%) dos colágenos ácido solúvel (ASC) e pepsino solúvel (PSC) obtidos a partir da pele do beijupirá (*Rachycentron canadum*). MM: Padrão de massa molecular; (1) padrão de colágeno bovino tipo I (SIGMA); (2) ASC em condição desnaturante; (3) PSC em condição desnaturante.



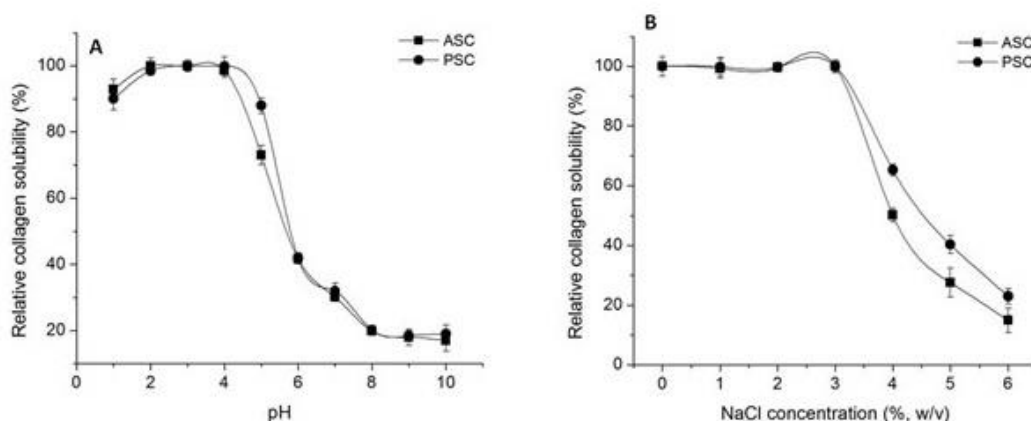
Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

O efeito do pH na solubilidade do ASC e PSC obtidos a partir dos insumos dos peixes foi investigado e está descrito abaixo. As amostras extraídas a partir da pele do beijupirá foram solúveis na faixa ácida de pH, apresentando máxima solubilidade no pH 3 (Figura 17.3a). Uma significativa redução da solubilidade nas amostras de ASC e PSC foi observada a partir do pH 6. Contudo, para todas as amostras de colágeno extraídas observou-se um discreto aumento na solubilidade a partir do pH 9. Segundo Vojdani (1996), quando o pH está abaixo ou acima do ponto isoelétrico (pI) da amostra, a carga líquida das moléculas de proteína fica maior, o que resulta no aumento da solubilidade destas devido à força de repulsão entre as cadeias. Inversamente, a precipitação e agregação das proteínas ocorrem devido à ampliação das interações hidrofóbica-hidrofóbica quando a carga líquida resultante das proteínas é zero. Foegeding *et al.* (1996) relataram que o pH do colágeno varia entre 6 e 9.

A solubilidade do ASC e PSC frente a variações na concentração de NaCl está representada na Figura 17.3b. As amostras de colágeno ácido solúvel e pepsino solúvel foram dissolvíveis na faixa de NaCl 0-3% (p/v) e apresentaram redução da solubilidade na concentração acima de 4% (p/v). Contudo, o PSC apresentou uma melhor solubilidade às diferentes concentrações estudadas. Esse fato pode ser atribuído à ação da pepsina, visto que essa enzima pode induzir uma hidrólise parcial nas ligações cruzadas em moléculas de alto peso molecular (JONGJAREONRAK *et al.*, 2005; SINGH *et al.*, 2011). A redução da solubilidade pode ser atribuída ao efeito *salting out*

(ASGHAR; HENRICKSON, 1982). Além disso, o aumento da força iônica gerada pelo NaCl acarreta a redução da solubilidade de proteínas devido ao incremento das interações hidrofóbicas entre as suas cadeias e ao aumento da concorrência para a água com sais iônicos (VOJDANI, 1996). Resultados similares foram relatados por Jongjareonrak *et al.* (2005), Nalinanon *et al.* (2007), Ahmad e Benjakul (2010), Singh *et al.* (2011) e Li *et al.* (2012).

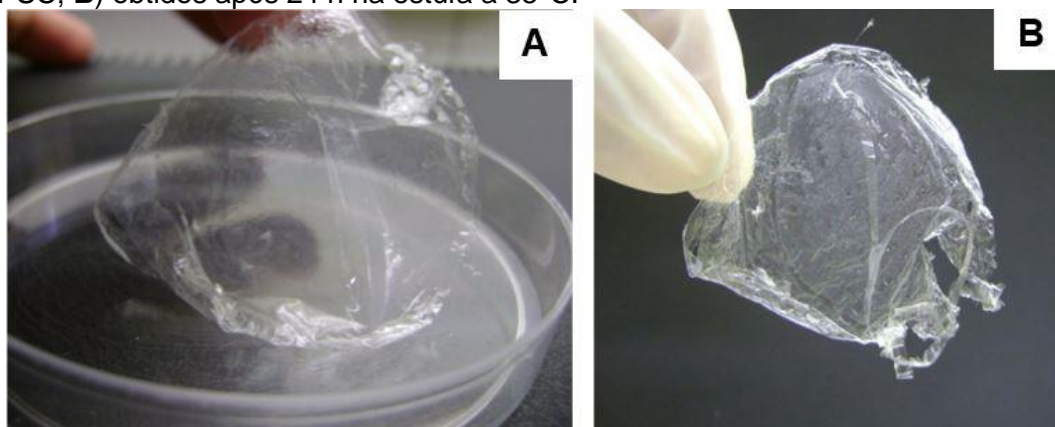
Figura 17.3 – Solubilidade relativa (%) dos colágenos ácido solúvel (ASC) e pepsino solúvel (PSC) em ácido acético 0,5 M frente a variações de pH (A) e NaCl (B), obtidos a partir da pele do beijupirá (*Rachycentron canadum*). Barras representam o desvio padrão (n = 3).



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Os colágenos ácido solúvel e pepsino solúvel, obtidos a partir da pele do beijupirá, foram utilizados para a produção dos filmes (Figura 17.4). Por ser tratar de um importante biomaterial, a utilização industrial do colágeno é variada e abundante (indústria de cosméticos, cultura de células, produção de gelatina fotográfica, indústria de couro e síntese de filme para embalagens de alimentos embutidos) (IKOMA *et al.*, 2003; WOO *et al.*, 2008). Após sua extração, o colágeno pode ser processado para a obtenção de filmes, esponjas, membranas e fibras. Nos últimos anos, soluções de colágenos foram sintetizadas junto a outros materiais, tais como quitosana, polivinilpirrolidona (PVP), óxido polietileno (PEO), polietilenoglicol (PEG) e álcool polivinil (PVA), com a finalidade de desenvolver biomateriais que possuam melhores propriedades mecânicas e biocompatibilidade (WISNIEWSKI *et al.*, 2007; SIONKOWSKA *et al.*, 2009).

Figura 17.4 – Filmes de colágeno ácido solúvel (ASC; A) e pepsino solúvel (PSC; B) obtidos após 24 h na estufa a 35°C.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Outras moléculas de grande interesse biotecnológico que podem ser obtidas a partir de resíduos do processamento de peixes (vísceras) são as enzimas digestivas. As enzimas são biomoléculas proteicas conhecidas por agirem como catalisadores biológicos de diversas reações bioquímicas mais notáveis e altamente especializadas e que desempenham um papel fundamental para a manutenção da vida. Sem as enzimas, as reações de catálise não existiriam em tempo hábil ou ocorreriam de forma tão lenta que não atenderiam às necessidades de um determinado organismo (NELSON; COX, 2011). A eficiência das enzimas em catalisar reações é tal que a velocidade de uma reação pode ser aumentada em até 10^{20} vezes (CAMPBELL; FARRELL, 2007).

As enzimas são divididas em seis grupos pela International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) de acordo com a reação específica que catalisa (Tabela 17.1) (NELSON; COX, 2005). Dentro do grupo das hidrolases (3), encontram-se as proteases, que são as enzimas responsáveis pela hidrólise de ligações peptídicas (NC-IUBMB, 2009). As proteases são essenciais para a sobrevivência dos seres vivos, atuando em diversos eventos relevantes, como: na ativação de zimogênios, na digestão de proteínas provenientes da dieta e do próprio organismo e na coagulação sanguínea. As proteases são subdivididas em dois grandes grupos: as exoproteases, que clivam ligações peptídicas próximas às extremidades amino e carboxiterminais do substrato, e as endoproteases, que clivam as ligações peptídicas internas das cadeias polipeptídicas do substrato. Levando-se em conta o valor do pH no qual apresentam atividade máxima, essas enzimas podem ser classificadas em proteases ácidas, neutras ou alcalinas (RAO *et al.*, 1998). Nesse terceiro grupo, encontram-se as principais proteases de interesse industrial.

Tabela 17.1 – Classificação das enzimas segundo a International Union of Biochemistry and Molecular Biology – IUBMB

Classe	Reações que catalisam
1. Oxidorredutases	Reações de oxidação-redução
2. Transferases	Reações de grupos contendo C, N ou P ⁻
3. Hidrolases	Clivagem das reações adicionando água
4. Liases	Clivagem de C-C, C-S e certas ligações de C-N
5. Isomerases	Racemização de isômeros ópticos ou geométricos
6. Ligases	Formação de pontes entre C e O, S, N acoplados a hidrólise de fosfatos de alta energia.

C, carbono; N, nitrogênio; P⁻, íon fosfato; S, enxofre; O, oxigênio.

Fonte: Adaptado de Nelson; Cox, 2005

Dentre as diversas classes de enzimas utilizadas nos mais diversos setores industriais, as proteases alcalinas apresentam-se como o grupo mais representativo e estudado atualmente, respondendo por cerca de 40% do mercado mundial de enzimas (GUPTA; BEG, 2002). Estimativas realizadas para o ano de 2013 indicam que o mercado de enzimas crescerá em torno de 6,3% em média, e esse crescimento será alavancado principalmente pelas indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia, movimentando cerca de US\$ 3,74 bilhões até 2015 (FREEDONIA, 2009; LI *et al.*, 2012).

A justificativa para a utilização desses biocatalisadores nos mais diversificados processos biotecnológicos industriais se deve principalmente ao fato de estes atingirem velocidades de reação superiores às obtidas na presença de catalisadores químicos convencionais. Esse comportamento característico das enzimas (que necessitam de condições específicas para seu melhor funcionamento, como pH, temperatura, entre outras) permite significativa redução no custo final dos processos biotecnológicos, além de evitar a formação de subprodutos indesejáveis nos diversos segmentos industriais. Portanto, nesse contexto, o enfoque biotecnológico vem se apresentando como excelente respaldo que justifica a exploração, o estudo e a utilização das enzimas nos mais diversos tipos de reação, especialmente em relação à melhoria das características físico-químicas de matérias-primas e produtos como também dos processos biotecnológicos para a obtenção dos mesmos (KRAJEWSKA, 2004).

Atualmente, o mercado de proteases é amplamente representado por subtilisinas e/ou proteases alcalinas pertencentes principalmente a bactérias do gênero *Bacillus*, que correspondem a 40% do mercado mundial. Devido à promissora aplicabilidade dessas biomoléculas nos mais diversos processos biotecnológicos, sua obtenção deve ser intensificada para suprir a atual demanda do mercado (GUPTA *et al.*, 2002; FREEDONIA, 2009).

O Brasil importa grande parte das enzimas utilizadas nos mais diversos segmentos industriais, e, como a atividade aquícola vem demonstrando efetivo crescimento nos cenários nacional e mundial, a quantidade de vísceras oriundas do processamento do pescado (pode chegar a corresponder a 5% do peso total do animal) representará um grave problema ambiental se descartada de forma indiscriminada no meio ambiente (SIMPSON; HAARD, 1987). Dentre os principais subprodutos oriundos da aquicultura, destacam-se as vísceras (intestinos, cecos pilóricos, estômagos, entre outros), que são ricas fontes de enzimas digestivas e possuem grande potencial de aplicação biotecnológica como fonte alternativa de enzimas em substituição às enzimas de origem bacteriana (SHAHIDI *et al.*, 2001; ALI *et al.*, 2009).

Dentre as principais enzimas digestivas estudadas, encontra-se a tripsina (EC 3.4.21.4), que se apresenta como enzima-chave no processo digestivo dos organismos aquáticos (Figura 17.5). A tripsina é uma endopeptidase da classe das serino-proteases que cliva ligações peptídicas na extremidade carboxi-terminal dos resíduos de aminoácido arginina e lisina (MANCHADO, 2008). Apresenta atividade de endopeptidase, sendo responsável também pela ativação do tripsinogênio e de outros zimogênios, como, por exemplo, o quimotripsinogênio (KLOMKLAO *et al.*, 2007). A utilização de metodologias que determinam a atividade tríptica no sistema digestivo dos peixes, principalmente das larvas, serve como um indicador do condicionamento dos animais a alterações na qualidade e quantidade de alimento ingerido (GUDMUNDSDÓTTIR; PÁLSDÓTTIR, 2005).

Figura 17.5 – Estrutura tridimensional da tripsina do bacalhau (*Gadus morhua*) complexada com benzamidina.



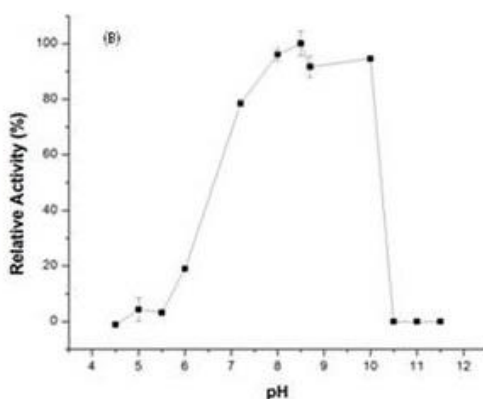
Fonte: NCBI, 2012

Diante desse grande desafio acima descrito em relação à aquisição de novas enzimas no mercado mundial obtidas através de fontes alternativas, o extrato bruto

aquecido do ceco pilórico do beijupirá foi submetido a uma precipitação por sulfato de amônio (fração 0-80%) e posterior diálise e, em seguida, foi aplicado numa coluna cromatográfica de afinidade de BPTI-sepharose, que permitiu o isolamento da tripsina purificada presente no ceco pilórico, apresentando um pH ótimo de 8,5 (Figura 17.6), temperatura ótima de 50 °C (Figura 17.7), estabilidade térmica até 55 °C (Figura 17.8) utilizando BApNA (8mM) como substrato específico e peso molecular de 24 kDa (Figura 17.9). O efeito do pH foi avaliado através da utilização de tampões específicos (Tris-HCl, Citrato-fosfato e NaOH-glicina) compreendendo uma faixa que variou de 4 a 11,5. O efeito da temperatura e a estabilidade térmica foi realizada em temperaturas que variaram entre 25 a 75°C de acordo com Bezerra *et al.* (2001). A eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Laemmli (1970), usando gel de concentração a 4% e gel de separação a 12,5%. O gel foi corado com uma solução de Coomassie Brilliant Blue R250 e descorado com uma solução de metanol (25%) e ácido acético (10%). Os zimogramas foram realizados de acordo com a metodologia proposta por García-Carreño *et al.* (1993), utilizando caseína a 3% como substrato específico.

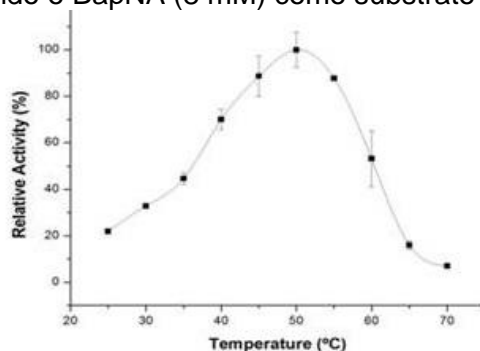
Essas características físico-químicas foram semelhantes a outras tripsinas de peixes reportadas na literatura e possuem potencial aplicação em diversos setores industriais, como, por exemplo, na indústria de detergentes, por apresentar características físico-químicas desejáveis para tal segmento (SILVA, *et al.*, 2011; FREITAS JR, *et al.*, 2012; COSTA, *et al.*, 2013).

FIGURA 17.6 – Efeito do pH na tripsina purificada do beijupirá (*Rachycentron canadum*) utilizando BapNA (8 mM) como substrato específico.



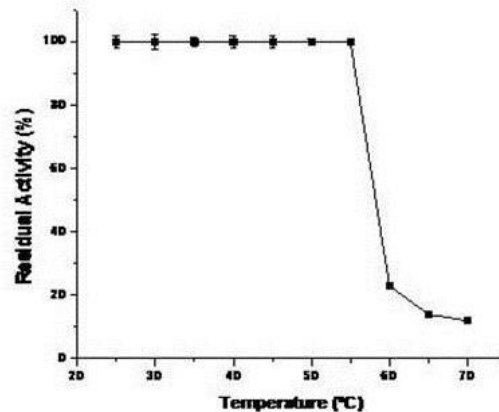
Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Figura 17.7 – Efeito da temperatura ótima na tripsina purificada do beijupirá (*Rachycentron canadum*). A atividade foi avaliada em temperaturas que variaram de 25 °C a 70 °C utilizando o BapNA (8 mM) como substrato específico.



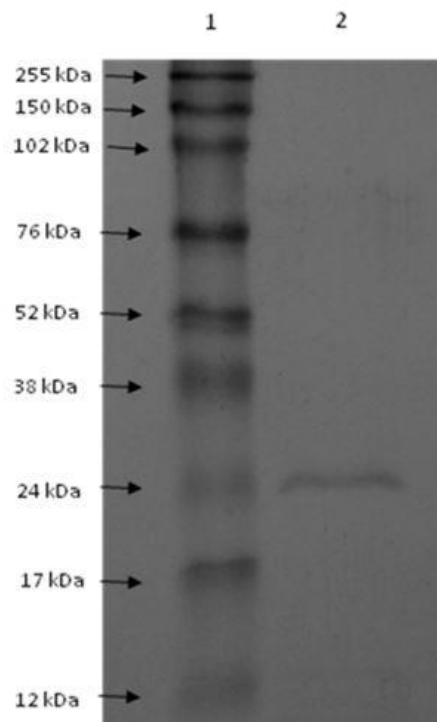
Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Figura 17.8 – Efeito da estabilidade térmica na tripsina purificada do beijupirá (*Rachycentron canadum*). A atividade foi avaliada em temperaturas que variaram de 25 °C a 70 °C utilizando o BapNA (8 mM) como substrato específico.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Figura 17.9 – SDS-PAGE da tripsina purificada do beijupirá (*Rachycentron canadum*) 1. Padrão de peso molecular. 2. Tripsina purificada com uma única banda de peso molecular de 24 kDa.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Segundo Torrissen *et al.* (2006), diferentes isoformas de tripsina estão presentes nos cecos pilóricos e intestinos de peixes e a sua distribuição pode indicar variações genéticas individuais a respostas proteicas e alimentares que ocorrem durante a criação, e esse fator pode contribuir para as diversas variações nas expressões de tripsinas nos peixes.

Dessa forma, com o acentuado desenvolvimento da aquicultura brasileira no início do século XXI e, conseqüentemente, o aumento na disponibilidade de subprodutos, torna-se viável e necessária a utilização de biomoléculas extraídas de peixes e outros organismos aquáticos para aplicações biotecnológicas no âmbito de explorar nichos de interesse comercial e aproveitar melhor esse recurso biológico.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; BENJAKUL, S. Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from the skin of unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*). **Food Chemistry**, v. 120, p. 817-824, 2010.
- AIDOS, I. *et al.* Upgrading of maatjes herring byproducts: production of crude fish oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 8, p. 3697-3704, 2001.
- ALI, N.E. H.; HMIDET, N.; BOUGATEF, A. *et al.* A laundry detergent-stable alkaline trypsin from striped seabream (*Lithognathus mormyrus*) viscera: purification and characterization. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 22, p. 10943-10950, 2009.
- ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2004.
- ARVANITOYANNIS, I.S.; KASSAVETI, A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 4, p. 726-745, 2008.
- ARVANITOYANNIS, I.; NAKAYAMA, A.; AIBA, S. Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 37, p. 371-382, 1998.
- ASGHAR, A.; HENRICKSON, R. L. Chemical, biochemical, functional and nutritional characteristics of collagen in food systems. In: C.O. CHICHESTER, E.M. MRATA, & B.S. SCHWEIGERT (Eds.), **Advances in Food Research** (v. 28, pp. 237-273). London: Academic Press, 1982.
- BENJAKUL, S. *et al.* Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagens from the skin of bigeye snapper (*Priacanthus tayenus* and *Priacanthus macracanthus*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 132-138, 2010.
- BEZERRA, R. S. *et al.* Partial purification and characterization of a thermostable trypsin from pyloric caeca of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Journal of Food Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 199-210, 2001.
- BRIGGS, J.C. Fishes of world-wide (circumtropical) distribution. **Copeia**, v. 3, p. 171-180, 1960.
- CAMPBELL, M.K.; FARRELL, S.O. **Bioquímica Básica**. São Paulo: Thomson Learning. 2007.
- CARVALHO, R. A. *et al.* Development of edible films based on differently processed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) skin gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 1117-1123, 2008.
- COSTA, H. M. S. *et al.* Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v. 7, p. 166, 2013.
- COSTA-BOMFIM, C.N. *et al.* Growth, feed efficiency and body composition of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) fed increasing dietary levels of shrimp protein hydrolysate. **Aquaculture Research**, v. 48, p. 1759-1766, 2017.
- DOODE, M. S. Los claro-oscuros de la pesquería de la sardina en Sonora: contradicciones y alternativas para un desarrollo equilibrado. Tesis de Doctorado. El Colegio de Michoacán, Zamora, Michoacán, p. 120-136. 1996.
- ESPÓSITO, T. S. *et al.* Surfactants- and oxidants-resistant alkaline proteases from common carp (*Cyprinus carpio* L.) processing waste. **Journal of Food Biochemistry**, v. 33, p. 821-834, 2009a.
- ESPÓSITO, T. S. *et al.* Fish processing waste as a source of alkaline proteases for laundry detergent. **Food Chemistry**, v. 112, p. 125-130, 2009b.
- ESTEBAN, M. B. *et al.* Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. **Waste Management**, v. 27, p. 193-200, 2006.
- FAO (Food and Aquaculture Organization of the United Nations). **The state of world fisheries and aquaculture 2020**. Sustainability in action. Rome: FAO. 2020.
- FOEGEDING, E.; LANIER, T.C.; HULTIN, H.O. **Characteristics of edible muscle tissue** (3rd ed.. In O.R. FENNEMA (Ed.). Food chemistry, pp. 879-942. New York: Marcel Dekker, 1996.
- FREEDONIA. **World Enzymes: industry study with forecasts for 2013-2018**. 392p. 2009.
- FREITAS JR, A. C. V. *et al.* Giant Amazonian fish pirarucu (*Arapaima gigas*): Its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v. 133, p. 1596-1602, 2012.

- GARCÍA-CARREÑO, F.L.L.; DIMES, E.; HAARD, N.F. Substrate-gel electrophoresis for composition and molecular weight of proteinases or proteinaceous proteinase inhibitors. **Analytical Biochemistry**, v. 214, p. 65-69, 1993.
- GILDBERG, A.; STENBERG, E. A new process for advanced utilization of shrimp waste. **Process Biochemistry**, v. 36, p. 809-812, 2001.
- GUDMUNDSDÓTTIR, A., PÁLSDÓTTIR, H.M. Atlantic cod trypsins: from basic research to practical applications. **Marine Biotechnology**, v. 7, p. 77-88, 2005.
- GUDMUNDSSON, M.; HAFSTEINSSON, H. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 37-39, 1997.
- GUPTA, R., BEG, Q.P.L. Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 59, n. 1, p. 15-32, 2002.
- HWANG, J-H. *et al.* Purification and characterization of molecular species of collagen in the skin of skate (*Raja kenoeje*). **Food Chemistry**, v. 100, p. 921-925, 2007.
- IKOMA, T. *et al.* Physical properties of type I collagen extracted from fish scales of *Pagrus major* and *Oreochromis niloticus*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 32, p. 199-204, 2003.
- JONGJAREONRAK, A. *et al.* Isolation and characterization of collagen from bigeye snapper (*Priacanthus marcracanthus*) skin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 1203-1210, 2005.
- KIMURA, S.; MIURA, S.; PARK, Y.H. Collagen as the major edible component of jellyfish (*Stomolophus nomura*). **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1758-1760, 1983.
- KIMURA, S. *et al.* Molecular characterization of fibrillar collagen from the body wall of starfish *Asterias amurensis*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 104B, p. 663-668, 1993.
- KLOMKLAO, S. *et al.* Purification and characterisation of trypsins from the spleen of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*). **Food Chemistry**, v. 100, p. 1580-1589, 2007.
- KRAJEWSKA, B. Application of chitin- and chitosan-based materials for enzyme immobilizations: a review. **Enzyme Microbial Technology**, v. 35, p. 126-139, 2004.
- LAEMMLI, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of Bacteriophage T4. **Nature**, v. 227, p. 680-685, 1970.
- LI, S. *et al.* Technology prospecting on enzymes: Application, marketing and engineering. **Computational and Structural Biotechnology Journal**, v. 2, n. 3, e201209017, 2012.
- LIU, D. *et al.* Extraction and characterisation of pepsin-solubilised collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). **Food Chemistry**, v. 133, p. 1441-1448, 2012.
- MANCHADO, M. *et al.* Molecular characterization and gene expression of six trypsinogens in the flatfish Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup) during larval development and in tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology**, part B, v. 149, p. 334-344, 2008.
- MORI, H. *et al.* Studies on fish scale collagen of Pacific saury (*Cololabis saira*). **Materials Science and Engineering**, v. C 33, p. 174-181, 2013.
- MORIMURA, S. *et al.* Development of an effective process for utilization of collagen from livestock and fish waste. **Process Biochemistry**, v. 37, p. 1403-1412, 2002.
- MUYONGA, J. H.; COLE, C. G. B.; DUODU, K. G. Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). **Food Chemistry**, v. 85, p. 81-89, 2004.
- NAGAI, T.; ARAKI, Y.; SUZUKI, N. Collagen of the skin of ocellate puffer fish (*Takifugu rubripes*). **Food Chemistry**, v. 78, p. 173-177, 2002.
- NALINANON, S.; BENJAKUL, S.; KISHIMURA, H. Collagens from the skin of arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*) solubilized with the aid of acetic acid and pepsin from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) stomach. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 1492-1500, 2010.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger – Principles of Biochemistry**, New York, W. H. Freeman and Company. 2005.
- OZAWA, M.; SATAKE, K.; SUZUKI, R. Removal of aqueous chromium by fish bone waste originated hydroxyapatite. **Journal of Materials Science Letters**, v. 22, p. 513-514, 2003.

- SACHINDRA, N. M.; BHASKAR, N.; MAHENDRAKAR, N. S. Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvents. **Waste Management**, v. 26, p. 1092-1098, 2006.
- SENARATNE, L. S.; PARK, P.-J.; KIM, S.-K. Isolation and characterization of collagen from brownbacked toadfish (*Lagocephalus gloveri*) skin. **Bioresource Technology**, v. 97, p. 191-197, 2006.
- SHAHIDI, F., KAMIL, J. Y. V. A. Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry. **Trends Food in Science & Technology**, v. 12, p. 435-464, 2001.
- SIDONIO, L. *et al.* Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**, n. 35, p. 421-463, 2012.
- SILVA, J.F. *et al.* Purification and partial characterisation of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). **Food Chemistry**, v. 129, p. 777-782, 2011.
- SINGH, P. *et al.* Isolation and characterisation of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). **Food Chemistry**, v. 124, p. 97-105, 2011.
- SIONKOWSKA, A.; SKOPINSKA-WISNIEWSKA, J.; WISNIEWSKI, M. Collagen-synthetic polymer interactions in solution and in thin films. **Journal of Molecular Liquids**, v. 145, p. 135-138, 2009.
- SKIERKA, E.; SADOWSKA, M. The influence of different acids and pepsin on the extractability of collagen from the skin of Baltic cod (*Gadus morhua*). **Food Chemistry**, v. 105, p. 1302-1306, 2007.
- SONG, E. *et al.* Collagen scaffolds derived from a marine source and their biocompatibility. **Biomaterials**, v. 27, p. 2951-2961, 2006.
- SOUZA, A. A. G. *et al.* Trypsin-like enzyme from intestine and pyloric caeca of spotted goatfish (*Pseudupeneus maculatus*). **Food Chemistry**, v. 100, p. 1429-1434, 2007.
- THUY, L. T. M.; OKAZAKI, E.; OSAKO, K. Isolation and characterization of acid-soluble collagen from the scales of marine fishes from Japan and Vietnam. **Food Chemistry**, 149, 264-270, 2014.
- TIDWELL, J. H.; ALLEN, G. L. Fish as food: aquaculture's contribution. Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. **EMBO Reports**, v. 21, p. 958-963, 2001.
- TONHI, E.; PLEPIS, A. M. G. Obtenção e caracterização de blendas colágeno-quitosana. **Química Nova**, v. 25, p. 943-948, 2002.
- TORRISSEN, K. R. *et al.* Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 32, p. 7-23, 2006.
- VOJDANI, F. Solubility. In G. M. HALL (Ed.). **Methods of testing protein functionality** (1st ed.). (pp. 11e60) Great Britain: St Edmundsbury Press, 1996.
- WANG, L. *et al.* Isolation and characterization of collagen from the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*). **Journal of Food Science**, v. 72, p. E450-E455, 2007.
- WANG, L. *et al.* Chromatographic separation and physicochemical properties of collagen species in the skin of deep-sea redfish (*Sebastes mentella*). **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1134-1138, 2011.
- WISNIEWSKI, M. *et al.* Spectroscopic study of a KrF excimer laser treated surface of the thin collagen films. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 188, p. 192-199, 2007.
- WOO, J.-W. *et al.* Extraction optimization and properties of collagen from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) dorsal skin. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 879-887, 2008.
- WU, R. S. S. The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. **Marine Pollution Bulletin**, v. 31, p. 159-166, 1995.
- ZHANG, Z.; LI, G.; SHI, B. Physicochemical properties of collagen, gelatin and collagen hydrolysate derived from bovine lamed split wastes. **Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists**, v. 90, p. 23-28, 2006.
- ZHANG, Y. *et al.* Isolation and partial characterization of pepsin-soluble collagen from the skin of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Food Chemistry**, v. 103, p. 906-912, 2007.

CAPÍTULO 18

RASTREABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DO BEIJUPIRÁ

Luciana Kimie Savay-da-Silva
Juliana Antunes Galvão
Erika da Silva Maciel
Marília Oetterer

Rastreabilidade pode ser definida como capacidade de identificar e apresentar informações a respeito da origem de um produto, bem como da sua trajetória, permitindo a sua localização em qualquer ponto da cadeia de distribuição (FOOD STANDARDS AGENCY, 2002). O conceito não inclui somente o principal requisito, o de ser possível a localização física do produto, mas também prover informações adicionais relativas ao que ocorre com o produto ao longo da cadeia de distribuição (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2002). Um sistema de rastreabilidade permite a localização de uma falha qualitativa e a solução do problema, minimizando os impactos que seriam causados pelos produtos inconformes (SAVAY-DA-SILVA, 2009; GALVÃO, 2011).

Para a União Europeia, a rastreabilidade deve permitir acompanhar todas as fases da produção, da transformação e da distribuição de um gênero alimentício, podendo se constituir em um alimento para animais, um animal matéria prima de gênero alimentício ou uma substância destinada a ser incorporada em gêneros alimentícios ou em alimentos para animais (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2002).

Grandes indústrias, como as fabricantes de veículos e equipamentos eletrônicos, foram as pioneiras em rastrear os seus produtos, que são identificados com um número seriado único e podem ser submetidos a *recall*. Entretanto, a introdução da rastreabilidade no setor de produtos alimentícios é uma concepção recente que vem ganhando força particularmente na comunidade europeia (MACIEL *et al.*, 2012).

A necessidade da introdução da rastreabilidade no setor de alimentos se tornou expressão corrente, como consequência de uma série de incidentes relativos à segurança do alimento nos quais os sistemas de informação disponíveis se mostraram ausentes, inadequados, morosos e incapazes de assegurar aos consumidores a inocuidade dos produtos (CONFERÊNCIA INTERNACIONAL FOR STANDARDIZATION, 2004).

O advento da rastreabilidade nos segmentos de distribuição, varejo e industrialização de alimentos pode ser entendido como um diferencial de competitividade; uma ferramenta que fortalece a imagem da empresa, auxilia no posicionamento da marca no mercado, estimula a concorrência através da diferenciação pela qualidade e colabora para estreitar relações com os fornecedores, além de contribuir para a construção de estratégias visando a melhoria da empresa (MACHADO, 2002; MISSAGLIA, 2007; ECKSCHMIDT *et al.*, 2009).

Dessa forma, exigências cada vez mais rigorosas para a segurança dos alimentos, bem como uma crescente procura por alimentos caracterizados por apresentarem uma identidade, impulsionam o desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade cada vez mais eficientes, calcados em políticas de incentivo à gestão dos alimentos (DABBENE *et al.*, 2014).

RASTREABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DO PESCADO

A rastreabilidade tem se tornado uma preocupação para as indústrias processadoras de pescado, especialmente em função das atuais exigências do comércio

internacional e, mais recentemente, pelo crescimento das vendas em redes de supermercados, o que facilitou o acesso do consumidor ao produto (JIANG, 2010).

Para que os consumidores tenham acesso a informações mais precisas a respeito do pescado adquirido, é preciso que elas sejam registradas de forma recuperável ao longo da cadeia de produção. Com isso, a rastreabilidade não apenas armazena a informação sobre o produto ou o processo em si, mas deve se constituir em uma ferramenta que possibilite o acesso às informações em uma data futura. As informações devem estar relacionadas a três aspectos: 1) atividades empresariais internas; 2) cadeia de suprimentos; e 3) setores específicos (DONNELLY; OLSEN, 2012).

A rastreabilidade não pode ser vista, por si só, como uma forma de garantir a qualidade na produção de alimentos (ALFARO; RABADE, 2009), uma vez que é um sistema de registro que tem como objetivo identificar e localizar, rapidamente, os produtos. A rastreabilidade pode atuar como uma ferramenta que auxiliará na identificação de problemas desde a água de criação, a produção e o processamento da matéria prima até a comercialização dos produtos finais.

Utilizando sistemas de rastreabilidade, além do habitual *recall*, é possível estudar a ligação de sistemas de rastreabilidade com o controle de qualidade do pescado, bem como observar o sinergismo entre eles. Sendo assim, rastreia-se alguns fatores que podem interferir na qualidade da matéria prima, com o intuito de dispor essas informações aos produtores e melhorar os aspectos de qualidade de carne, como o rendimento e frescor, por exemplo, e sugerir novas metodologias de trabalho no que tange ao controle de qualidade para o setor (GALVÃO *et al.*, 2010).

Para garantir a qualidade do produto, faz-se necessária a associação da rastreabilidade com ferramentas que visem a garantia da qualidade, como a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e seus pré-requisitos, tais como Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimentos Padronizados de Higiene Operacional (PPHO), e normas ISO. De acordo com Savay-da-Silva (2015), o sistema de rastreabilidade irá agrupar informações a respeito de todas as etapas pelas quais o pescado transitou, organizando essas informações de forma sistemática e possibilitando o seu acesso imediato quando necessário.

Para que sejam gerados os documentos que comprovem o histórico dos produtos, todos os envolvidos devem estar comprometidos. O produtor, ou aquicultor, é o primeiro elo envolvido na implantação da rastreabilidade, cuja tarefa é realizar a identificação de seus produtos. É necessário que as empresas mantenham uma base informatizada de dados que representem todos os elos da cadeia de produção, particularmente na etapa de manipulação, que é a fase do processamento em que podem ocorrer perigos como, por exemplo, a contaminação por micro-organismos causadores de toxinfecções alimentares (GALVÃO *et al.*, 2010).

Nas últimas décadas, devido aos avanços tecnológicos na pesca e na aquicultura, às tendências de globalização e às exigências dos consumidores, ocorreu um crescimento contínuo na produção e comercialização de pescado e produtos da pesca. Assim, a rastreabilidade tornou-se um desafio para as indústrias pesqueiras, especialmente por se tratar de uma exigência do comércio internacional e, mais recentemente, por estar sendo uma ferramenta implementada no varejo, em cadeias de supermercados. Com isso, a indústria pesqueira é um setor comercial em que a rastreabilidade se tornou uma necessidade (BORRESEN, 2003).

Além disso, há a preocupação por parte do público em geral. As pessoas estão mais preocupadas com o que comem: se os alimentos são sustentáveis, se são produzidos através de métodos que não agridem o meio ambiente (*eco-friendly*) e se a segurança desses alimentos pode estar garantida durante a produção, o transporte e o armazenamento (JIANG, 2010). Todavia, no sistema comercial globalizado, a falta de padrões internacionais tem dificultado a identificação da origem e a disponibilidade do histórico dos produtos provenientes do setor pesqueiro (THOMPSON *et al.*, 2003).

Alguns governos estão organizando ou adaptando a legislação para exigir a implantação de sistemas de informações relativos à rastreabilidade da cadeia produtiva

do pescado. Integridade e transparência são, no momento, assuntos prioritários para os consumidores, produtores, processadores, varejistas, integrantes do serviço de alimentação e para o governo (GALVÃO *et al.*, 2010).

A implantação de sistemas de rastreabilidade pode trazer benefícios à indústria pesqueira, tornando-a uma valiosa *commodity*, especialmente no que se refere à segurança do pescado (DICKINSON; BAILEY, 2002). Através da garantia de atributos favoráveis, produtores de pescado podem se firmar quanto à qualidade de seus produtos dentro da cadeia produtiva (UNNEVEHR *et al.*, 1999), agregando valor a seus produtos, uma vez que há consumidores dispostos a pagar por esse serviço (BAILEY *et al.*, 2002). Na ausência de legislação no que tange à rastreabilidade dentro do território nacional, a implementação ou não de sistemas dessa natureza dependerá da necessidade individual de cada empresa e das vantagens que podem ser adquiridas em relação ao investimento (THOMPSON *et al.*, 2005).

Uma das principais vantagens de um sistema de rastreabilidade é a habilidade para relacionar os vários fatores responsáveis pela qualidade de um produto (GADARSSON, 2007). Na indústria pesqueira, foi constatado que a qualidade do produto final depende de variáveis como o local da pesca, a estação do ano, a idade e a maturidade sexual do pescado, os defeitos físicos, os parasitas e os hematomas. Ao longo dos últimos anos, cientistas islandeses têm trabalhado com sistemas de rastreabilidade no intuito de predizer qual a melhor área de pesca, uma vez que há uma ligação direta entre os vários fatores que conferem a qualidade aos filés do *cod fish* com o local de captura (GUDMUNDSSON *et al.*, 2006; MARGEIRSSON *et al.*, 2007; GALVÃO *et al.*, 2010).

Estabelecer parâmetros de qualidade, a partir da produção até o processamento, é fundamental para garantir a qualidade ao pescado que servirá de matéria prima para a indústria; a produção primária é o mais importante elo de uma cadeia produtiva que esteja sendo rastreada. O registro de informações é a chave para elaborar o histórico do alimento e é valioso para a indústria de processamento, pois atua como indicativo dos parâmetros que influenciam o frescor da matéria prima e a qualidade do produto final.

Para países em desenvolvimento, seria um grande avanço a implantação das diretrizes de sistemas de rastreabilidade no setor pesqueiro e/ou de aquicultura, não só no intuito de buscar melhorar ou mesmo estruturar a cadeia produtiva do pescado, mas também para registro de informações que possam subsidiar os órgãos governamentais. Essas atitudes são muito bem-vindas no cenário da segurança do alimento por propiciar a credibilidade de produtos alimentícios advindos de países em desenvolvimento, contribuindo para a expansão do mercado pesqueiro e aquícola internacional.

Ao ser rastreado, o produto de pescado assume todas as características que o consumidor atual tem buscado, sendo a confiabilidade o atributo que mais se destaca. Esse fato poderá ser um estímulo para aumentar o consumo de pescado e seus derivados no Brasil, uma vez que o consumidor se sentirá satisfeito com o produto ofertado.

A implantação de um sistema de rastreabilidade para produtos de pescado caracteriza-se também como uma forma de monitoramento do ambiente, no sentido de garantir boas políticas de manejo, minimizando o impacto da atividade.

PARÂMETROS DE QUALIDADE A SEREM RASTREADOS NA CRIAÇÃO DO BEIJUPIRÁ EM CATIVEIRO

Dentre as espécies nativas com potencial para criação em nosso país, destaca-se o beijupirá (*Rachycentron canadum*) (CAVALLI; HAMILTON, 2007). Apesar do inegável potencial dessa espécie, o conhecimento de vários aspectos dentro da sua cadeia produtiva ainda é insuficiente (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

É preciso que haja aprimoramento das técnicas de produção e solução dos problemas operacionais, principalmente no que diz respeito à mão de obra qualificada e aos equipamentos de alta tecnologia, para se alcançarem os elevados níveis de produção necessários para preencher a lacuna existente entre a oferta e a demanda de pescado com pouco impacto ambiental (LANGAN, 2008; FREITAS *et al.*, 2009).

Portanto, para promover um salto tecnológico na piscicultura marinha brasileira, é estratégico o atendimento de algumas demandas do setor produtivo: foco na oferta de rações ambientalmente seguras que promovam o máximo de rendimento zootécnico, redução do custo de produção e da carga orgânica no ambiente, obtenção de alevinos via melhoramento genético, identificação e controle sanitário integrados aos sistemas de produção e cujo manejo e gestão ambiental adotem Boas Práticas de Manejo para assegurar a produção de matéria prima de qualidade a ser destinada ao processamento agroindustrial (SAVAY-DA-SILVA, 2015). Tais fatores poderiam ser controlados com a adoção de um sistema de rastreabilidade implementado ao longo da cadeia de produção do beijupirá.

Com a implementação de um sistema de rastreabilidade, seria possível obter informações mais precisas e rápidas de todos os elos da cadeia de produção do beijupirá e, assim, vislumbrar uma otimização dos processos, o que poderia permitir um aproveitamento integral da espécie, estabelecendo padrões de qualidade e menores custos de produção de produtos e coprodutos; além de minimizar a geração de resíduos não aproveitáveis, maximizar a produtividade e aumentar os lucros na comercialização. Para isso, inúmeros produtos poderiam ser sugeridos, desde os tradicionais filés congelados ou peixes inteiros eviscerados até produtos mais elaborados, como defumados, empanados, embutidos e, até mesmo, coprodutos – como silagem e peptona (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

Sendo assim, é indispensável a organização de todos os elos da cadeia produtiva em questão, fazendo-se necessários o levantamento, a análise e a divulgação de dados, históricos, relatos e informações a respeito da qualidade microbiológica e físico-química da água de criação dos animais; a efetividade das técnicas de captura; o abate; o transporte; a qualidade da matéria prima que chega à indústria de beneficiamento; o processamento; e a distribuição dos produtos (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

Há vários parâmetros a serem rastreados ao longo da cadeia produtiva de um alimento. Para produtos oriundos da pesca não é diferente, mas há um agravante, quando comparados a outros tipos de empresa produtora de alimentos, que é a variabilidade do ambiente onde os peixes vivem e que influencia diretamente no seu desenvolvimento. Podem ser monitoradas e, às vezes, controladas variáveis como temperatura, níveis de oxigênio dissolvido e pH da água, entre outros, principalmente quando se trata de aquicultura em tanques escavados. Quando se trata da criação de peixes no mar, seja em sistema *offshore* ou *nearshore*, é preciso proceder ao monitoramento ambiental, sendo este um dos entraves para produtores.

A qualidade da água de criação é o principal elemento a ser alterado pelas variações ambientais. Os índices de precipitações, por exemplo, podem gerar diversas consequências ao meio ambiente aquático, podendo favorecer a diminuição da turbidez, enquanto contribuem para aumento da temperatura, condutividade, sólidos em suspensão e oxigênio dissolvido (SILVA, *et al.*, 2008). Essas variáveis podem interferir diretamente no desempenho de crescimento e engorda dos peixes e, por isso, na composição da sua carne. Outro fator que pode ser alterado é a densidade microbiana natural ou inicial da matéria prima, uma vez que as variações sazonais podem aumentar ou diminuir essa densidade e também variar o tipo da mesma.

No Brasil, ainda não existem grandes empreendimentos de criação de beijupirá. O que se pode observar são algumas iniciativas de pequenos produtores e instituições de ensino e pesquisa que têm realizado criações experimentais a fim de definir padrões específicos para produção em larga escala dessa espécie (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

Além da qualidade da água, há outros parâmetros a serem controlados quando se pretende implementar a rastreabilidade (da água à mesa do consumidor) da cadeia produtiva de uma espécie. Dentre eles, destacam-se: a) características genéticas, caso haja melhoramento genético da espécie; b) qualidade nutricional da ração fornecida aos peixes, seja ela comercial ou rejeito de pesca; c) práticas utilizadas para insensibilização e abate, que podem ter consequências diretas na qualidade sensorial e tempo de vida útil da carne e seus produtos; d) características de frescor e de composição da matéria

prima, que irão determinar, além do tempo de sua vida útil e dos seus produtos, os tipos de produto a serem desenvolvidos; e) resíduos gerados e coprodutos a serem obtidos a partir desse resíduo, possibilitando seu melhor destino, menor impacto ambiental e aumento da receita da empresa.

Os ingredientes da ração são destacados, na literatura, como fatores que oferecem impacto direto na qualidade nutricional e sensorial da carne. Na criação de beijupirás, dietas ricas em lipídios podem aumentar o teor lipídico do músculo (FRASER; DAVIES, 2009), por exemplo. Outros estudos demonstram que a textura e a qualidade do carne não são resultado da quantidade de proteína oferecida na ração, mas consequência do tipo de proteína, com as de origem vegetal propiciando melhor textura à carne do que as provindas da farinha de peixe (LUNGER et. al., 2007).

Além disso, há relatos já divulgados de monitoramento da criação de beijupirás em cativeiro e processamento de seus filés em que são apresentados parâmetros como temperatura da água de criação, rendimento em filé, destreza do filetador, quantidade e tipo de resíduo gerado na filetagem, frescor e qualidade microbiológica dos filés – assim como, composição centesimal dos filés, resíduos do processamento e alimento fornecido aos animais, especificamente composição em aminoácidos e ácidos graxos, que devem ser eleitos para monitoramento em um sistema de rastreabilidade a ser implementado, pois podem interferir na qualidade da matéria prima encaminhada à indústria (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

Nas Tabelas 18.1, 18.2 e 18.3 podem ser observados parâmetros ambientais, da matéria prima e de seus produtos, previstos na legislação brasileira vigente e/ou na literatura, que caracterizam os melhores desempenhos de criação, beneficiamento e comercialização para o beijupirá, respectivamente. Para a construção dessas tabelas, em alguns casos, foram utilizados parâmetros comuns a outras espécies como referência. Além disso, no que se refere aos parâmetros ambientais, tomou-se como base a Resolução CONAMA nº 413, de 2009, referente à atividade de aquicultura e pesca em águas salinas (Classe 1), e também a legislação vigente e a literatura específica disponível.

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS RASTREADOS E SUA APRESENTAÇÃO AO CONSUMIDOR

Os princípios gerais e as exigências para a rastreabilidade e a segurança na alimentação humana e animal estão estabelecidos no Regulamento Europeu nº 178/2002, que esclarece a respeito do sistema que deve ser capaz de detectar, acompanhar e identificar, de forma única, um lote de pescado ou produtos da pesca em todas as fases da produção, transformação e distribuição (SCHRÖDER, 2008).

Tabela 18.1 – Parâmetros previstos na legislação brasileira e principais resultados encontrados na literatura para a criação do beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Etapa	Parâmetro	Legislação	Literatura	Referência
Reprodução	Tanques de maturação	-	– semiovais, comprimento de 7,5 m, largura de 4,5 m e altura de 1,1 m com 35 mil L de água em recirculação; – circulares de 80 mil L de água recirculada; – circulares (7 m de diâmetro; 2 m de altura) com renovação contínua de água.	ARNOLD <i>et al.</i> (2002); BENETTI <i>et al.</i> (2008a); SAMPAIO; TESSER (2010); PEREGRINO <i>et al.</i> (2014)
	Temperatura da água e fotoperíodo	-	– 24° C e 13 h de luz por dia – < 28° C – > 19° C no inverno – entre 26 e 28° C no verão	ARNOLD <i>et al.</i> (2002); KAISER; HOLT (2005); BENETTI <i>et al.</i> (2008b); SAMPAIO; TESSER (2010)
Larvicultura	Temperatura	-	– entre 28 e 32° C	BENETTI <i>et al.</i> (2008a)
	Amônia total	-	– < 0,1 a 0,3 mg.L ⁻¹	BENETTI <i>et al.</i> (2008a); FAULK; HOLT (2005)
	Nitrito	-	– < 0,1 mg.L ⁻¹	FAULK; HOLT (2005)
	pH	-	– ± 8	BENETTI <i>et al.</i> (2008a)
	Renovação de água	-	– 100 a 600%/dia nos 30 primeiros dias	BENETTI <i>et al.</i> (2008a)
Engorda	Arraçoamento	-	– 0,5 a 0,7% do peso corporal – 1 x ao dia	LIAO <i>et al.</i> (2004)
	Densidade	-	– até 10 g: 7,4 Kg.m ⁻³ – > 100 g: 11 Kg.m ⁻³ – > 500 g: 14 Kg.m ⁻³	LIAO <i>et al.</i> (2004)
Qualidade da água durante a engorda	Temperatura	-	– 20-32°C: propício para criação; – 27-30,5°C: maior crescimento, sobrevivência e conversão alimentar; – 16-18°C: param de se alimentar, mortalidade.	CHANG <i>et al.</i> (1999); ATWOOD <i>et al.</i> (2004); SUN <i>et al.</i> (2006); YU; UENG, (2007); CAVALLI <i>et al.</i> (2011); NHU <i>et al.</i> (2011)
	Oxigênio dissolvido	≥ 6 mg.L ⁻¹	– 5,0 a 9,04 mg.L ⁻¹	SUN <i>et al.</i> (2006); SUN; CHEN (2009); MAI <i>et al.</i> (2009); KLEIN (2012); LIU <i>et al.</i> (2013); SAVAY-da-SILVA (2015)
	pH	6,5 a 8,5	– 6,01 a 10,3: propício para criação; – < 7: comprometimento do crescimento e da conversão alimentar em juvenis;	BRASIL (2005); SAMPAIO; TESSER (2010); KLEIN (2012); SAVAY-da-SILVA (2015)
	Salinidade	> 30	– 4 a 44	CHANG <i>et al.</i> (1999); KAISER; HOLT (2005); DENSON <i>et al.</i> (2003); RESLEY <i>et al.</i> (2006); MAI <i>et al.</i> (2009)
	Amônia	-	– ≥ 0,62 mg.L ⁻¹ : param de se alimentar	RODRIGUES <i>et al.</i> (2007)
	Nitrito	-	– <0,2 mg.L ⁻¹ – ≥ de 76,1 mg.L ⁻¹ : param de se alimentar	RODRIGUES <i>et al.</i> (2007); SAVAY-da-SILVA (2015)
	Nitrato	-	– <0,1 a 3,14 mg.L ⁻¹	SILVA JR <i>et al.</i> (2011); SAVAY-da-SILVA(2015)

Etapa	Parâmetro	Legislação	Literatura	Referência
Qualidade da água durante a engorda	Transparência	Ausência de substâncias que causem turbidez	– 4 a 17,5 m (Disco de Secchi)	BRASIL (2005); KLEIN (2012); SAVAY-da-SILVA (2015)
	Turbidez	-	– 0,49 a 3,55 mg.L ⁻¹	SAVAY-da-SILVA (2015)
	Fósforo total	-	– 0,08 a 0,34 mg.L ⁻¹ – fósforo total – 1,30 a 2,18 mg.L ⁻¹ – fosfato	BRASIL (2005); NGUYEN <i>et al.</i> (2013); SAVAY-da-SILVA (2015)
	Coliformes termotolerantes	< 10 ³ UFC/100 mL em 80% ou mais de, pelo menos, 6 amostras coletadas durante 1 ano (periodicidade bimestral)	-	BRASIL (2005)
	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	-	– 12,40 a 1551,70 mg.L ⁻¹	SAVAY-da-SILVA (2015)
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	-	– 0,23 a 881,52 mg.L ⁻¹	NGUYEN <i>et al.</i> (2013); SAVAY-da-SILVA (2015)
	Carbono orgânico total (COT)	até 3 mg.L ⁻¹ , como C	– < 2,5 a 131 mg.L ⁻¹ – > 25 mg.L ⁻¹ : pode afetar o desempenho e causar mortalidade, exceto quando a concentração de oxigênio dissolvido estiver adequada.	ROSS; ROSS (1983); BRASIL (2005); KLEIN (2012); SAVAY-da-SILVA (2015)
	Gás carbônico (CO ₂)	-	– 7,92 a 27,28 mg.L ⁻¹	SAVAY-da-SILVA (2015)
Clorofila a	-	– < 3 a 11 µg.L ⁻¹	KLEIN (2012); NGUYEN <i>et al.</i> (2013); SAVAY-da-SILVA (2015)	
Alimentação	Proteína bruta	-	– Juvenis: 45% – Adultos: 42- 45%	CHOU <i>et al.</i> (2001); LIAO <i>et al.</i> (2004)
	Aminoácidos	-	– Juvenis: 2,3% de lisina; – 1,19% de metionina; e – 0,67% de cistina	ZHOU <i>et al.</i> (2006); ZHOU <i>et al.</i> (2007)
	Lipídios totais	-	– Juvenis: 5 a 18% – Adultos: 15-16%	CHOU <i>et al.</i> (2001); LIAO <i>et al.</i> (2004); WANG <i>et al.</i> (2005)
	Vitaminas	-	– Juvenis: 950 mg de colina.kg ⁻¹ ração	MAI <i>et al.</i> (2009)

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Tabela 18.2 – Parâmetros previstos na legislação brasileira e principais resultados encontrados na literatura para o abate e beneficiamento do beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Etapa	Parâmetro	Legislação	Literatura	Referência	
Abate	Peso	-	- > 2 Kg - 4,2 a 10 Kg	MIAO <i>et al.</i> (2009); SAMPAIO <i>et al.</i> (2011); OLIVEIRA (2012)	
	Tipo de insensibilização e forma de abate	-	- Eletronarcose: 3 min de exposição	(Capítulo 14 deste volume)	
Processamento	Rendimento em filé (%)	-	- De 26,0 a 41,6%, conforme tamanho	OLIVEIRA (2012); SAVAY-da-SILVA (2015)	
	Composição centesimal do filé (valores médios)	-	- Umidade: 64,8 a 77,46 g.100 g ⁻¹ ; - Proteína: 14,32 a 18,77 g.100 g ⁻¹ ; - Lipídeos: 2,54 a 16,1 g.100 g ⁻¹ ; - Cinza: 0,91 a 1,68 g.100 g ⁻¹ ; - Valor calórico: 110,05 a 158,55 g.100 g ⁻¹	ROBINSON <i>et al.</i> (2012); RICHE; WEIRICH (2013); GONÇALVES <i>et al.</i> (2014); SAVAY-da-SILVA (2015)	
	Principais ácidos graxos	-	- Oléico (0,86-3,02 g.100 g ⁻¹), - linoleico (0,81-3,32 g.100 g ⁻¹), - palmítico (0,64-3,11 g.100 g ⁻¹), - esteárico: 0,163 a 0,908 g.100 g ⁻¹ , - mirístico (0,02-0,40 g.100 g ⁻¹), - alfa linolenico - LNA (0,04-0,34 g.100 g ⁻¹), - docosahexaenóico - DHA (0,01-1,16 g.100 g ⁻¹) e - eicosapentaenóico - EPA (0,01-0,50 g.100 g ⁻¹).	LIU <i>et al.</i> (2009); OLIVEIRA (2012); SAVAY-da-SILVA (2015)	
	Principais aminoácidos	-	- Ácido glutâmico (2,81-2,93 g.100 g ⁻¹), - ácido aspártico (1,88-1,96 g.100 g ⁻¹), - lisina (1,87-1,97 g.100 g ⁻¹), - leucina (1,43-1,51 g.100 g ⁻¹), - arginina (1,18-1,28 g.100 g ⁻¹), - alanina (1,04-1,08 g.100 g ⁻¹), - glicina (0,85-0,89 g.100 g ⁻¹) e - taurina (0,07-0,08 g.100 g ⁻¹).	SHIAU (2007); CHUANG <i>et al.</i> (2010); OLIVEIRA (2012); SAVAY-da-SILVA(2015)	
	pH do músculo	< 7,0	-	BRASIL (2017)	
	BNVT	< 30 mg de N.100g ⁻¹	-	- 5-10 mg N.100g ⁻¹ : frescor excelente; - 15-25 mg N.100g ⁻¹ : frescor satisfatório; - 30-40 mg N.100g ⁻¹ : frescor insatisfatório, início da putrefação; - > 50 mg de N.100g ⁻¹ : deterioração.	BRASIL (2017); OGAWA; MAIA (1999)
	<i>S. aureus</i> coagulase positivo	≤ 10 ³ UFC.g ⁻¹	-	BRASIL (2001)	
	Coliformes tolerantes a 45° C	≤ 10 ² UFC.g ⁻¹	-	BRASIL (2001)	
	<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 25 g	-	BRASIL (2001)	
	Contagem total de microrganismos	-	-	<10 ⁷ UFC/g	ICMSF (1998)
Temperatura da sala de processamento	-	-	± 15° C	BRASIL (2007)	

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

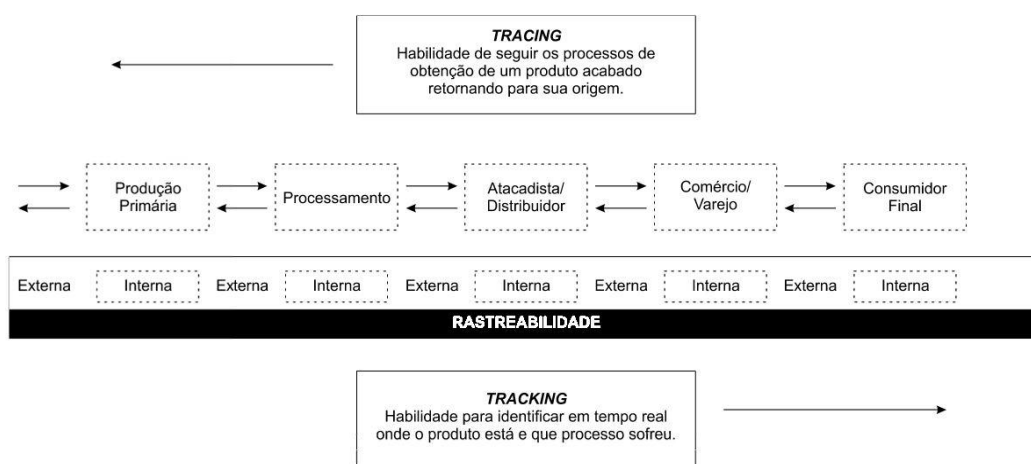
Tabela 18.3 – Parâmetros previstos na legislação brasileira e principais resultados encontrados na literatura para a comercialização do beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Etapa	Parâmetro	Legislação	Literatura	Referências
Transporte e armazenamento	Temperatura	Temperatura de Refrigeração Congelado (<-18° C)	– Refrigerado (0 a 4°C) – Congelado (<-18°C)	SILVA JR (1995); BRASIL (2017);
Apresentação	Tipos de produtos	-	– Sashimi	CHOU <i>et al.</i> (2001); CRAIG <i>et al.</i> (2006); MIAO <i>et al.</i> (2009)
		-	– Minimamente processados (filés, postas, espalmados)	LIAO <i>et al.</i> (2004); SAVAY-DA-SILVA (2009); GONÇALVES <i>et al.</i> (2014)
		-	– Inteiro	BRASIL (1997); CHOU <i>et al.</i> (2001)
		-	– Inteiro e eviscerado	BRASIL (1997); MADRID <i>et al.</i> (2014)
Embalagens	Tipos	-	– Sacos plásticos, a granel, bandejas de isopor, vácuo e atmosfera modificada	SAVAY-da-SILVA (2009)
Temperatura de comercialização	Refrigerados	Temperatura de Refrigeração	– Refrigerado: 0 a 4°C	SILVA JR (1995); BRASIL (2017)
	Congelados	- 18°C	– Congelado: < 18°C	SILVA JR (1995); BRASIL (2017)

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

Para que a rastreabilidade seja eficiente, é necessário identificar quais processos o produto sofreu, quais matérias primas foram introduzidas nesse processo, bem como a procedência destas (RANDRUP *et al.*, 2008). A Figura 18.1 apresenta as ações envolvidas em uma determinada cadeia de abastecimento submetida à rastreabilidade.

Figura 18.1 – Rastreabilidade em uma cadeia de abastecimento.



Fonte: Maciel, 2011

Um sistema de rastreabilidade deve ser ágil e eficiente na identificação das fases da cadeia que se pretendem verificar, como numa situação de *recall*. Nesse sentido, estão disponíveis vários métodos de gravação e fornecimento de informações em papel, sistema de codificação em códigos de barras ou códigos 2-D, como os *QR code* ou ainda o uso de *Radio Frequency Identification* (RFID) (MACIEL, 2011).

O código de barras é uma ferramenta de identificação automática, disponibilizada com várias aplicações. É constituído de barras de vários tamanhos e larguras dispostas

de maneira que possam ser lidas e decodificadas por um leitor óptico (BARBOSA NETO; CAMPOS, 2008).

Os códigos bidimensionais (*QR code*), ou código de barras em duas dimensões (2-D), cuja leitura é feita através de computadores ou celulares conectados à internet, são hoje rotina na Europa, no Japão, na Coreia e na China. O *QR code* é um código de barras bidimensional criado em 1994 por uma empresa de origem japonesa. O QR significa *Quick Response*, pois o código pode ser interpretado rapidamente, mesmo com imagens de baixa resolução, feitas por câmeras digitais em formato VGA (*Video Graphics Adapter*), que é um padrão de vídeo similar ao dos celulares (REGATTIERI *et al*, 2007; KAN *et al*, 2009). Esses códigos possuem a capacidade de armazenar o maior número de dados sobre o produto oferecido, permitindo ao consumidor obter informações mais precisas a respeito desse produto (CHAVES, 2009).

O uso de *QR code* como um código de barras inteligente é eficaz, uma vez que possui alta velocidade de leitura com precisão e funcionalidade, permitindo, além do *recall*, o arquivamento de novos dados à medida que sua leitura é realizada ao longo da cadeia de produção. Logo, é possível arquivar informações de lote, validade e características do produto, bem como data de saída e entrada em um estabelecimento comercial (KAN *et al.*, 2009). No Brasil, desde 2007, algumas empresas passaram a adotar o *QR code*. Há exemplos do uso em ingressos de cinema, passagens aéreas, revistas e algumas embalagens de alimento, como as de bebidas e hortifrúteis de uma rede de abastecimento nacional (MACIEL, 2011).

Em termos de tecnologia de identificação, há o uso da tecnologia RFID, especialmente na área de logística e distribuição de produtos, que tende a substituir o código de barras. As etiquetas, ou *tags* RFID, e os dispositivos que as leem são aplicados em ambiente controlado e apresentam bom desempenho. O sistema é composto por dois componentes: etiquetas afixadas às embalagens e estrados, sendo que cada uma possui uma antena e um *chip* que contém uma sequência exclusiva de números. Há também as leitoras que identificam e transmitem a informação para um computador.

O RFID é capaz de reduzir o desperdício, encurtar tempos de ligação e, futuramente, permitirá que alguns varejistas pratiquem preços mais baixos (SANTANA, 2010). Essas etiquetas têm sido utilizadas para identificar contêineres de exportação de diversos produtos. Por permitir uma leitura rápida, facilita a logística durante o transporte de um volume substancial de produtos, alimentícios ou não. Entretanto, sistemas baseados em etiquetas de RFID podem apresentar problemas de custo elevado e na leitura de informações quando estas estiverem registradas na superfície de produtos que se apresentam úmidos, como o pescado (SEINE *et al.*, 2004). Com isso, há a recomendação da utilização desse tipo de tecnologia em grandes volumes e aplicados em caixas ou lotes específicos, não nas embalagens individuais, como no caso da possibilidade com o *QR code*. Nesse sentido, a maior vantagem é a proximidade com o consumidor, garantindo o cliente e fidelizando-o a marca e ao produto, uma vez que as informações são disponibilizadas de forma transparente e em tempo real.

Dessa forma, a associação da rastreabilidade com o uso de novas tecnologias como uma ferramenta de garantia da segurança ao consumidor pode ser um caminho para a melhoria da comercialização do pescado, pois pode fornecer maior número de informações e facilitar a verificação ao longo dessa cadeia complexa (MACIEL, 2011).

Em curto espaço de tempo, não será mais possível comercializar o pescado sem que este esteja inserido no sistema de rastreabilidade. Ações pontuais em todo o mundo mostram a tendência de se unificar legislações, que também é consequência da globalização já vivenciada atualmente no comércio de alimentos.

No Brasil, as peculiaridades são muitas, em função do tamanho do território; das diferentes práticas para captura, com a pesca artesanal predominante; e também da diversidade de espécies – fatos que dificultam a implantação de padronização em locais com ausência de logística.

Os alimentos são produtos de demanda primária, o que faz a indústria investir cada vez mais em publicidade para despertar, efetivamente, os motivos para consumo

Em um experimento de criação de beijupirás em sistema *nearshore*, observou-se que o resíduo gerado no processo de filetagem dos animais, com peso médio entre 1,6 e 2,6 kg, foi composto de 39,3% a 44,8% de cabeça; 13,25% a 17,3 % de vísceras; 32,1% a 34,1% de carcaças; e 12,6% a 14,1% de pele (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

Sugere-se o aproveitamento desses resíduos para a produção de farinhas, silagem e hidrolisados, uma vez que a elaboração de Carne Mecanicamente Separada (CMS) seria um procedimento de menor rendimento para essa espécie. A partir do hidrolisado, outros coprodutos com maior valor agregado são sugeridos por alguns pesquisadores (SHIRAHIGUE, 2012; CAMARGO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013; VIANI, 2014), pois podem ser disponibilizados após o fracionamento, como a fração lipídica para a indústria farmacêutica e as frações aquosa – peptona – e sólida para a indústria de ração.

A pele pode ser utilizada para a produção de couro e, conseqüentemente, elaboração de coprodutos, como artesanato, bolsas, sapatos, vestimentas, entre outros, que têm se tornado rentáveis, muitas vezes superando o valor agregado do produto principal, que é o filé (SAVAY-DA-SILVA, 2015). Outra opção é utilizar a pele do pescado para a extração do colágeno, visando a produção de gelatina. Ao se viabilizar o processamento de pele de peixes, agrega-se valor à atividade, por ser mais uma fonte de renda (SOUZA *et al.*, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem muitos desafios a serem vencidos antes de se implementar a rastreabilidade ao longo da cadeia produtiva do beijupirá no Brasil, diferentemente de outros países onde já existe a prática de criação dessa espécie em grande escala. Ainda é preciso desenvolver pesquisas para adequação de laboratórios de produção de alevinos, tanto no que se refere a esquemas de biossegurança quanto de diversidade genética, e produção mais consistente de ovos, larvas e alevinos de qualidade. Além disso, as rações comerciais brasileiras também não têm apresentado resultados satisfatórios na engorda. No que se refere ao mercado consumidor, este não conhece a existência dessa espécie, sendo necessários investimentos em marketing e propaganda para difundir as qualidades de sua carne (CAVALLI *et al.*, 2011).

Ressalta-se que é escassa a literatura relacionada à qualidade da água de criação em piscicultura marinha, principalmente no Brasil. A maioria dos estudos realizados relatam parâmetros de qualidade para águas continentais, tanto no que diz respeito a interferências ambientais quanto a aspectos físico-químicos e microbiológicos.

Há ainda carência de informações a respeito do beijupirá como matéria prima que relatem claramente as características biométricas, de rendimento e nutricionais de beijupirás em tamanho comercial.

A implementação de um sistema de rastreabilidade em toda a cadeia produtiva do beijupirá, entretanto, constitui-se em uma alternativa viável para a produção eficiente e sustentável dessa espécie. Todavia, essa ferramenta só terá sucesso se todos os elos da cadeia se conscientizarem do importante papel que cada um deles deve desempenhar nesse sistema e que a comunicação entre eles é vital (SAVAY-DA-SILVA, 2015).

REFERÊNCIAS

- ALFARO, J. A.; RABADE, L.A. Traceability as a strategic tool to improve inventory management: a case study in the food industry. **International Journal of Production Economics**, v. 118, p. 104-110, 2009.
- ARNOLD, C.R.; KAISER, J.B.; HOLT, G.J. Spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, p. 205-208, 2002.
- ATWOOD, H.L. *et al.* Resistance of cobia, *Rachycentron canadum*, juveniles to low salinity, low temperature, and high environmental nitrite concentrations. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 15, p. 191-195, 2004.

- BAILEY D.V.; JONES E.; DICKINSON D.L. Knowledge management and comparative international strategies on vertical information flow in the global food system. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 84, p. 1337-1344, 2002.
- BARBOSA NETO, G. E.; CAMPOS, A. A. S. **Mobile Payment**: estudo comparativo entre tecnologias de transações eletrônicas via dispositivos móveis. 2008. 95 p. Monografia (Bacharel em Informática) – Departamento de Informática, Universidade Católica do Salvador, Salvador, BA, 2008.
- BENETTI, D.D. *et al.* Intensive larval husbandry and fingerling production of cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 281, p. 22-27, 2008a.
- BENETTI, D.D. *et al.* Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 701-711, 2008b.
- BORRESEN T. Traceability in the fishery chain to increase consumer confidence in fish products – application of molecular biology techniques. 2003. Danish Institute for Fisheries Research, Department of Seafood Research. **TAFT 2003**. Reykjavik, Iceland.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017. Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de peixe fresco (inteiro e eviscerado)**. Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997. Brasília, DF, 1997.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001**: regulamento técnico sobre padrões microbiológicos em alimentos. Brasília, 2001.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de procedimentos para implementação de estabelecimento industrial de pescado**: produtos frescos e congelados. Brasília: MAPA:SEAP/PR, 2007. 116 p.
- CAMARGO, A. C. *et al.* Elaboração de coproduto a partir de resíduo de tilápia (*Oreochromis niloticus*), visando a sustentabilidade da cadeia produtiva. In: CONGRESSO AQUACIÊNCIA, 5, 2012. Palmas. **Resumos...** Palmas: AQUABIO/EMBRAPA, 2012.
- CAVALLI, R.O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil: afinal, quais as espécies boas para cultivar? **Panorama da Aquicultura**, v. 17, n. 104, p. 50-55, 2007.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 155-164, 2011.
- CHANG, C.L. *et al.* Propagation and culture of cobia *Rachycentron canadum*. **Fish World Magazine**, v. 270, p. 14-26, 1999.
- CHAVES, F.M.V.U. **O telemóvel como bilhete electrónico**. 2009. 79 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2009.
- CHOU, R.L.; SU, M.S.; CHEN, H.Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, p. 81-89, 2001.
- CHUANG, J.L.; LIN, R.T.; SHIAU, C.Y. Comparison of meat quality related chemical compositions of wild-captured and cage-cultured cobia. **Journal of Marine Science and Technology**, v. 18, p. 580-586, 2010.
- CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE RASTREABILIDADE DE ALIMENTOS. 2004. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: FEALQ, 2004, 270pp.
- CRAIG, S.R.; SCHWARZ, M.H.; McLEAN, E. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. **Aquaculture**, v. 261, p. 384-391, 2006.
- DABBENE, F.; GAY, P.; TORTIA, C. Traceability issues in food supply chain management: a review. **Biosystems Engineering**, v. 120, p. 65-80, 2014.
- DENSON, M.R. *et al.* Effects of salinity on growth, survival, and selected hematological parameters on juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, p. 496-504, 2003.
- DICKINSON, D.L.; BAILEY, D.V. Meat traceability: are U.S. consumers willing to pay for it? **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 7, p. 348-364, 2002.

- DONNELLY, K.A.M.; OLSEN, P. Catch to landing traceability and the effects of implementation – A case study from the Norwegian white fish sector. **Food Control**, v. 27, p. 228-233, 2012.
- ECKSCHMIDT, T. *et al.* **O livro verde de rastreamento: conceitos e desafios**. São Paulo: Varela, 2009. 76pp.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – CEN. **Traceability of fishery products: specifications of the information to be recorded in captured fish distribution chains**. Brussels, 2002.
- FAULK, C.K.; HOLT, G.J. Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae in recirculating aquaculture systems: Live prey enrichment and greenwater culture. **Aquaculture**, v. 249, p. 231-243, 2005.
- FRASER, T.W.K.; DAVIES, S.J. Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 1219-1234, 2009.
- FREITAS, R.R.; COSTA, K.G.; SILVESTRI, F. Maricultura e meio ambiente: tecnologias, impactos e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 107-113, 2009.
- FOOD STANDARDS AGENCY. **Traceability in the food chain: a preliminary study**. FSA, Food Chain Strategy Div. London, England. 2002.
- GADARSSON, F. **Traceability of Icelandic brand products in Iceland**. Reyjavik, Iceland: Iceland Trade Directory, Icelandic Services Ltd., 2007. (IS/FG/H/Traceability/2.11.2007).
- GALVÃO, J.A. *et al.* Traceability system in cod fishing. **Food Control**, v. 21, p. 1360-1366, 2010.
- GALVÃO, J.A. **Rastreabilidade da cadeia produtiva do pescado: avaliação de parâmetros ambientais e sua interferência na qualidade da matéria prima destinada à indústria**. 2011. 202 f. Tese (Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- GONÇALVES, A.A. *et al.* Rendimento de cortes e qualidade da carne do beijupirá, *Rachycentron canadum*, sujeito a diferentes gradientes de salinidade da água de cultivo. In: NUNES, A.J.P. **Ensaio com o beijupirá: *Rachycentron canadum* – resultados e experiências do projeto Nutrição, Sanidade e Valor do Beijupirá, *Rachycentron canadum*, cultivado no Nordeste do Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura/CNPQ/UFC, 2014. p. 155-165.
- GUDMUNDSSON, R. *et al.* **Cod processing forecast**. Reyjavik, Iceland: Icelandic Fisheries Laboratories, 2006.
- ICMSF – INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS. Pescados y productos derivados. In: ICMSF. **Microorganismos de los alimentos: ecología microbiana de los productos alimentarios**. Zaragoza: Acribia, 1998. p. 121-166.
- ISHIMOTO, E. Y.; NACIF, L. M. A. Propaganda e marketing na informação nutricional. **Revista Brasil Alimentos**, n. 11, p. 28-31, 2001.
- JIANG, S.T. The quality control status of cobia, *Rachycentron canadum*, and grouper, *Epinephelus malabaricus*, in Taiwan. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 41, p. 266-273, 2010.
- KAISER, J.B.; HOLT, G.J. **Species Profile Cobia**. Southern Regional Aquaculture Center, Publication 7202, 6 p. 2005.
- KAN, T. W.; TENG, C. H.; CHOU, W. S. Applying QR Code in augmented reality applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL REALITY CONTINUUM AND ITS APPLICATIONS IN INDUSTRY, 8., 2009, Yokohama. **Proceedings...** Yokohama: ACM, 2009. p. 253-258.
- KLEIN, A.P. **Avaliação do impacto ambiental da criação do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em tanques-rede instalados em mar aberto em Pernambuco**. 2012. 68f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil.
- LANGAN, R. The role of marine aquaculture in meeting the future demand for animal protein. **Journal of Food Service**, v. 19, p. 227-233, 2008.
- LIAO, I.C. *et al.* Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v. 237, p. 155-165, 2004.
- LIU, S.C. *et al.* Cholesterol, lipid content, and fatty acid composition of different tissues of farmed cobia (*Rachycentron canadum*) from China. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 86, p. 1155-1161, 2009.
- LIU, K. *et al.* Dietary manganese requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* L. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, p. 461-467, 2013.

- LUNGER, A.N. *et al.* Taurine supplementation to alternative dietary proteins used in fish meal replacement enhances growth of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 271, p. 401-410, 2007.
- MACHADO, E.L. **O papel da reputação na coordenação vertical da cadeia de frutas, legumes e verduras frescas**. 2002. 182f. Tese (Doutorado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- MACIEL, E. S. **Perspectiva do consumidor perante produto proveniente da cadeia produtiva de tilápia do Nilo rastreada (*Oreochromis niloticus*) – consumo de pescado e qualidade de vida**. 2011. 304f. Tese (Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil.
- MACIEL, E.S. *et al.* Label designing for minimally processed tilapia aiming the traceability of the productive chain **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 30, p. 157-168, 2012.
- MADRID, R.M. *et al.* Análise de aceitação do beijupirá cultivado, *Rachycentron canadum*, no mercado local. In: NUNES, A.J.P. **Ensaio com o beijupirá: *Rachycentron canadum* – resultados e experiências do projeto Nutrição, Sanidade e Valor do Beijupirá, *Rachycentron canadum*, cultivado no Nordeste do Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Pesca e Aquicultura/CNPQ/UFC, 2014. p. 225-284.
- MAI, K. *et al.* Dietary choline requirement for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture International**, v. 17, p. 125-141, 2009.
- MARGEIRSSON, S. *et al.* Influencing factors on yield, gaping, bruises and nematodes in cod (*Gadus morhua*) filets. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 503-508, 2007.
- MIAO, S. *et al.* Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. **Aquaculture International**, v. 17, p. 125-141, 2009.
- MISSAGLIA, A. Sistema de rastreabilidade. In: MILAN, M.; ZEN, S. de; MIRANDA, S.H.G.; COSTA, E.J.; PINAZZA, L.A. (Eds.) **Sistema de qualidade nas cadeias agroindustriais**. São Paulo: [s.n.]. p. 107-118, 2007.
- NAKAMURA, H. Cobia culture in Okinawa. In: LIAO, I.C.; LEAÑO, E.M. (Ed.). **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society: Taipei. 2007. p. 97-103.
- NGUYEN, H.D. *et al.* Cobia cage culture distribution mapping and carrying capacity assessment in Phu Quoc, Kien Giang province. **Journal of Vietnamese Environment**, v. 4, p. 12-19, 2013.
- NHU, V.C. *et al.* Cobia *Rachycentron canadum* aquaculture in Vietnam: recent developments and prospects. **Aquaculture**, v. 315, p. 20-25, 2011.
- OGAWA, M.; MAIA, E.L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. Varela: São Paulo. 1999.
- OLIVEIRA, R.L.M. **Morfometria, rendimento de carcaça e composição do filé do beijupirá (*Rachycentron canadum*) cultivado em tanques-rede em mar aberto no litoral de Pernambuco**. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil.
- OLIVEIRA, A. G. *et al.* Elaboração do coproduto peptona a partir do fracionamento da silagem de pescado. In.: FÓRUM NACIONAL DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E ATUAÇÃO PROFISSIONAL DO CIENTISTA DE ALIMENTOS E I SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 5., 2013, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: UFMT, 2013. Resumo 57.
- PEREGRINO, R.B. *et al.* Desempenho reprodutivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*) capturado no litoral de Pernambuco. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 681-687, 2014.
- PRIA, M. L. As tendências da indústria de embalagens. **Brasil Alimentos**, v. 4, p. 35-40, 2000.
- RANDRUP, M, *et al.* Simulated recalls of fish products in five Nordic countries. **Food Control**, v. 19, p. 1064-1069, 2008.
- REGATTIERI, A; GAMBERI, M.; MANZINI, R. Traceability of food products: General framework and experimental evidence. **Journal of Food Engineering**, v. 81, p. 347-356, 2007.
- RESLEY, M.J.; WEBB, K.A.; HOLT, G.J. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, v. 253, p. 398-407, 2006.

- RICHE, M.A.; WEIRICH, C.R. Stocking density effects on production characteristics and body composition of market size cobia, *Rachycentron canadum*, reared in recirculating aquaculture systems. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, p. 259-266, 2013.
- ROBINSON, J.; BARNABAS, E.R.; NATHAN, F. Quality changes of farmed cobia steaks held in cold stores (- 18 C). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, p. 2429-2435, 2012.
- RODRIGUES, R.V. *et al.* Acute toxicity and sublethal effects of ammonia and nitrite for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 271, p. 553-557, 2007.
- ROSS, B.; ROSS, L.G. The oxygen requirements of *Oreochromis niloticus* under adverse conditions. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 1983, Tel Aviv. **Proceedings...** Tel Aviv: Tel Aviv University, 1983. p. 134-143.
- SAMPAIO, L.A. *et al.* Culture of cobia *Rachycentron canadum* (L), in near-shore cages off the Brazilian coast. **Aquaculture Research**, v. 42, p. 832-834, 2011.
- SAMPAIO, L. A.; TESSER, M.B. Cultivo do beijupirá (*Rachycentron canadum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Orgs). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Ed. da UFSM: Santa Maria, 2010. 680 p.
- SANTANA, S. **RFID, Identificação por rádio frequência**. Disponível em <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_01.html>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- SAVAY-DA-SILVA, L.K. **Desenvolvimento do produto de conveniência: tilápia (*Oreochromis niloticus*) refrigerada minimamente processada embalada a vácuo; padronização para a rastreabilidade**. 2009. 322f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- SAVAY-DA-SILVA, L.K. **Produção do beijupirá (*Rachycentron canadum*) visando a rastreabilidade – parâmetros de qualidade ambiental; físico-químicos e microbiológicos**. 2015. 174f. Tese (Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.
- SCHRÖDER, U. Challenges in the Traceability of Seafood. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 3, p. 45-48, 2008.
- SEINE, K. *et al.* Development of the traceability system which secures the safety of fishery products using the qr code and a digital signature. **MTTS/IEEE TECHNO-OCEAN**. v. 1, p. 476-481. 2004.
- SHIAU, C.Y. Biochemical composition and utilization of cultured cobia. In: LIAO, I. C.; LEAÑO, E. M. (Eds.). **Cobia aquaculture: research, development and commercial production**. Asian Fisheries Society: Taipei. 2007. p. 147-154.
- SHIRAHIGUE, L. D. *et al.* Hidrolisado proteico de tilápia (*Oreochromis niloticus*), fracionamento e caracterização da fração lipídica como alternativa para o aproveitamento de resíduos.. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE QUALIDADE DO PESCADO, 5, 2012, Santos. **Resumos...** Santos: Instituto de Pesca, 2012.
- SILVA JR, R.F. *et al.* Substituição do óleo de peixe por óleo de soja em dietas para beijupirá (*Rachycentron canadum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 980-987, 2011.
- SILVA JR., E. A. **Manual de controle higiênico-sanitário em serviços de alimentação**. Varela: São Paulo. 1995. 623 p.
- SILVA, A.E.P. *et al.* Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v. 38, p. 733-742, 2008.
- SOUZA, M.L.R. *et al.* Pele de surubim: morfologia e resistência do couro com adição de óleo no engraxe. **Acta Tecnológica**, v. 9, p. 1-8, 2014.
- SUN, L.; CHEN, H.; HUANG, L. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 261, p. 872-878, 2006.
- SUN, L.; CHEN, H. Effects of ration and temperature on growth, fecal production, nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 292, p. 197-206, 2009.
- THOMPSON M, SYLVIA G; MORRISSEY MT. Seafood traceability in the U.S. **Annual Meeting of the Inst. of Food Technologists**. Chicago. 2003.

THOMPSON, M.; SYLVIA, G.; MORRISSEY, M.T. Seafood traceability in the United States: Current trends, system design, and potential applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 4, p. 1-7, 2005.

UNNEVEHR, L.J.; MILLER, G.Y.; GOMEZ, M.I. Ensuring food safety and quality in farm level production: emerging lessons from the pork industry. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 81, p. 1096-1101, 1999.

VIANI, L.D.S. **Fracionamento e seletividade, visando otimização, de coprodutos provenientes do resíduo do processamento de pescado**. 2014. 160f. Tese (Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

VIEGAS, E.M.M. *et al.* Métodos de abate e qualidade da carne de peixe. **Archivos de Zootecnia**. v. 61, p. 41-5, 2012.

WANG, T.J. *et al.* Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 249, p. 439-447, 2005.

YU, S.L.; UENG, P.S. Impact of water temperature on growth in cobia, *Rachycentron canadum*, cultured in cages. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v. 59, p. 47-51, 2007.

ZHOU, Q.C. *et al.* Optimal dietary methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 258, p. 551-557, 2006

ZHOU, Q.C. *et al.* Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 273, p. 634-640, 2007.

CAPÍTULO 19

AVALIAÇÃO DO MERCADO DO BEIJUPIRÁ EM ARACAJU, SERGIPE⁴

Carlos Alberto da Silva
Manuel Alberto Gutierrez Cuenca

A produção aquícola mundial passou de 32,4 milhões t em 2000 para 82,1 milhões t em 2018. O Brasil ocupa a 13^a posição no ranking mundial com um total de 605.000 t (0,7% do total mundial), sendo 528.100 t da aquicultura continental e 76,9 t da maricultura (FAO, 2020). A produção da maricultura brasileira está concentrada em camarões e moluscos, embora o país conte com ótimas condições para a piscicultura marinha, principalmente devido aos enormes recursos naturais e ótimas condições climáticas (SCHWARZ *et al.*, 2007; CAVALLI; HAMILTON, 2009; CAVALLI *et al.*, 2011; COLLAÇO *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2018; LANDUCI *et al.*, 2020).

O crescimento global da produção da aquicultura continua relativamente forte devido à crescente demanda por peixes para a alimentação na maioria dos países produtores. Desde 2014, a maior parcela desta demanda é suprida pela aquicultura. A captura em águas marinhas foi de 93,1 milhões de toneladas em 2017 e de 96,4 milhões de toneladas em 2018 (FAO, 2020). O comércio de pescado é especialmente importante para as nações em desenvolvimento e, em alguns casos, representa mais de metade do valor total das mercadorias comercializadas. As exportações de pescado atingiram US\$ 164,1 bilhões em 2018 (FAO, 2020). Em 2012, o pescado representava cerca de 10% do total das exportações agrícolas e de 1% do comércio mundial de mercadorias em termos de valor. O consumo mundial per capita aparente de peixe aumentou de uma média de 9,9 kg em 1960 para 20,5 kg em 2018 (FAO, 2020). No Brasil, o consumo anual de pescado vem crescendo e apresentou um crescimento de 81% passando de 6,15 kg em 1999 para 11,17 kg habitante⁻¹ em 2011 (SEBRAE, 2015). O mercado de pescado em Aracaju, SE, em 2003 movimentou um volume de 7.760,8 t ano⁻¹, estimado em US\$ 23,0 milhões e um consumo per capita de 16,8 kg ano⁻¹ (CAZES; MELLO, 2004).

A pesca do beijupirá (*Rachycentron canadum*) ocorre em todo o mundo em águas marinhas quentes, com exceção da região central e leste do oceano Pacífico, e seu estoque na natureza não suporta pesca em escala comercial por não formar cardume (FAO, 2016). Devido à disponibilidade limitada a partir dos estoques naturais, uma quantidade considerável de pesquisa na criação do beijupirá tem sido estimulada, particularmente em Taiwan e Estados Unidos (KAISER; HOLT, 2005). No Brasil, investimentos públicos e privados têm ocorrido nos últimos anos, os quais, juntamente com a consolidação dos resultados de estudos científicos e a estruturação de redes de pesquisa e desenvolvimento, estão facilitando o crescimento da criação dessa espécie (CAVALLI *et al.*, 2011). Como destacado nos capítulos anteriores, o beijupirá apresenta características importantes para a produção em cativeiro, devendo tornar-se uma commodity global em escala comparável a do salmão (DE SILVA; PHILLIPS, 2007; CHUANG *et al.*, 2010; ALVAREZ-LAJONCHÈRE; IBARRA-CASTRO, 2013).

A produção do beijupirá pela aquicultura era de 30.369 t em 2007, passando para 49.930 t em 2012, declinando nos anos seguintes até alcançar o patamar de 43.706 t em 2018 (FAO, 2020). Os maiores mercados consumidores do beijupirá encontram-se nos Estados Unidos, Japão, Taiwan e Coreia do Sul (MIAO *et al.*, 2009).

⁴ Este capítulo é uma versão adaptada e atualizada de SILVA, C.A.; CUENCA, M.A.G. Estudo de mercado do beijupirá (*Rachycentron canadum*) em Aracaju, Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 23 p.

A carne branca do beijupirá tem um alto apelo ao consumo devido à sua textura firme (Figura 19.1) e versatilidade na cozinha, pois pode ser servido frito, ensopado, assado e grelhado (CHANG, 2003; MARINE FARMS, 2009). É também reconhecido como um peixe alternativo para sashimi, em especial no mercado japonês, onde é conhecido como *belly flesh*. Sua carne é altamente valorizada devido ao alto teor de lipídios, sendo comparável ao atum (*Thunnus spp.*) e a merluza negra (*Dissostichus spp.*) (MARINE FARMS, 2009; MIAO *et al.*, 2009). Duncan *et al.* (2007) sugerem que, devido à elevada taxa de crescimento, o beijupirá pode vir a ser competitivo nos mercados de processamento para produtos como patês, surimi, produtos marinados, *fish sticks*, *nuggets* e bolos. De acordo com a FAO (2020), o aumento da oferta de peixes cultivados será fundamental para a futura expansão do mercado de pescado.

Figura 19.1 – Postas de beijupirá (*Rachycentron canadum*)



Fonte: Carlos Alberto da Silva

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aceitação do beijupirá pelo consumidor na cidade de Aracaju, SE, bem como estudar o mercado para sua comercialização.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo constou de três fases:

- 1) Degustação do beijupirá com aplicação de questionário semi-estruturado entre os participantes para avaliar a aceitabilidade de duas formas de preparação;
- 2) Estudo de campo por meio da aplicação de questionário semi-estruturado para levantar as características de compra e consumo de peixes considerando o perfil socioeconômico dos consumidores de pescado e;
- 3) Análise dos dados coletados na degustação e no estudo de campo.

O evento de degustação foi realizado na sede da Associação dos Empregados da EMBRAPA situada em Aracaju, SE, com a participação de 60 pessoas de diversas naturalidades, idades e faixas econômicas convidadas aleatoriamente de maneira a constituir uma população heterogênea. O beijupirá foi comprado em um supermercado local na forma de postas refrigeradas.

Na degustação, foram servidos duas formas de preparação do beijupirá: frito e cozido com legumes. As duas formas foram selecionadas a partir das informações dos chefes de cozinha locais sobre que tipos de pratos a base de pescado eram mais vendidos nos restaurantes em Aracaju. A preparação dos pratos e dos acompanhamentos servidos,

arroz branco e legumes cozidos (batata, cenoura e vagem), foram feitos pelo chefe do restaurante Cariri em Aracaju, especializado em frutos do mar, e que colaborou na pesquisa cedendo a mão de obra da cozinha e equipamentos para acondicionar e servir os pratos. O questionário aplicado na degustação avaliou a preferência e a aceitação do beijupirá e também as opiniões do degustador em relação aos atributos de sabor, consistência, cor e aparência dos dois pratos oferecidos.

O questionário do estudo de campo foi elaborado com questões de múltipla escolha referentes aos hábitos de compra e consumo de peixes relacionados ao perfil socioeconômico dos entrevistados em relação à renda, escolaridade, quantidade e frequência de consumo por tipo de carnes, variedade de peixes consumidos entre outros, permitindo ao entrevistado responder a todas as questões atinentes a esse segmento do mercado. Ao longo do primeiro semestre de 2011, foram aplicados 171 questionários em supermercados de grande e médio porte e feiras livres, procurando-se visitar os principais locais de comercialização de pescado em Aracaju, SE. Os respondentes foram agrupados em quatro categorias de rendimento salarial: 1) até cinco salários mínimos (na ocasião, o valor do salário mínimo – SM – era R\$ 788,00); 2) de seis a dez SM; 3) de 11 a 20 SM e 4) mais de 20 SM. Os dados foram processados em planilhas eletrônicas para a elaboração de gráficos, tabelas e análise dos resultados em relação ao número de alternativas disponíveis a cada questão formulada ou ao número de entrevistados que optaram pela alternativa em foco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Degustação

Com relação à preferência dos dois tipos de prato oferecidos na degustação, a maioria dos participantes (81%) gostou mais do peixe frito que do cozido (Figura 19.2). Foram avaliadas algumas características dos dois pratos numa escala de valor de um a dez, considerando dez a melhor impressão. Quanto ao quesito “consistência”, 92% dos participantes avaliaram o peixe cozido com nota acima de oito, enquanto 96% deram nota acima de oito para o beijupirá frito, sendo que, desse último total, 76% pontuaram com a nota dez.

Figura 19.2 – Prato de postas de beijupirá (*Rachycentron canadum*) frito com legumes cozidos servido durante a degustação em Aracaju, SE



Fonte: Saulo Coelho

Ao sabor, 80% deram nota acima de oito para o peixe cozido, enquanto que 98% avaliaram o peixe frito acima de oito e, desse total, 67% deram nota dez. A preferência

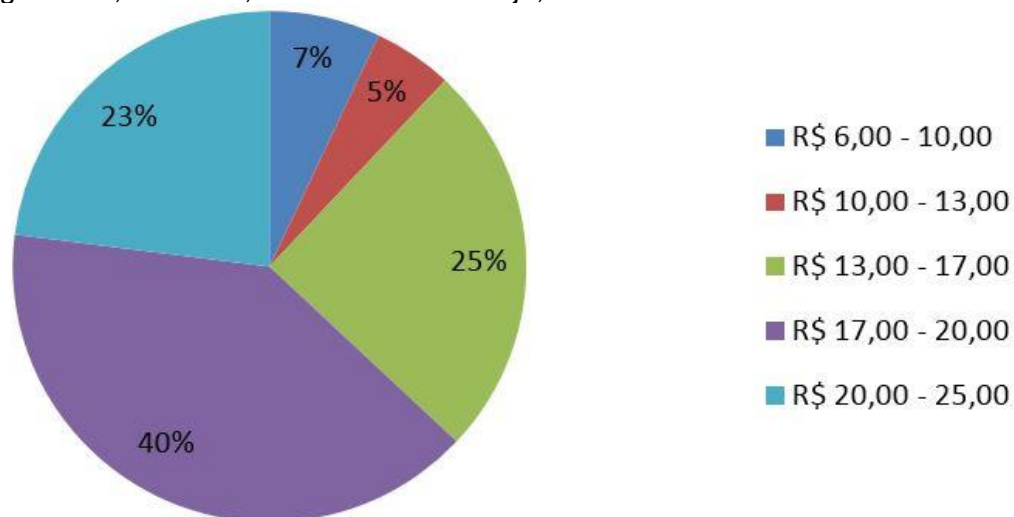
majoritária pelo beijupirá frito pode ser atribuída ao sabor suave de sua carne que é adequado para ser consumido frito (MARINE FARMS, 2009). A preferência pelo peixe frito em comparação as formas cozida, assada e grelhada também foi verificada pelo SEBRAE em estudo sobre os hábitos de consumo e preparo do tambaqui e da tilápia realizado em nove capitais nordestinas (SEBRAE, 2014).

Em relação à cor, o beijupirá cozido teve 82% da pontuação acima de oito e o peixe frito alcançou majoritariamente 98% de nota acima de oito. Finalmente, na característica “aparência” do produto final, 87% dos participantes deram nota acima de oito para o peixe cozido e, para o peixe frito, 100% avaliaram acima de oito. Os resultados da análise sensorial do beijupirá nesse estudo estão em concordância aos de Madrid *et al.* (2014), que atribuíram nota média de 8,84 para o beijupirá frito e 8,89 para o cozido (peixada) considerando os atributos de cor, textura (equivalente a consistência nesse estudo) e sabor. Por outro lado, a pesquisa do INMETRO (2011) sobre a influência do modo de preparo na qualidade nutricional do peixe a ser consumido recomenda que seja dada preferência a peixes assados, cozidos ou grelhados e evitar consumir peixes fritos, visto que estes possuem maior teor energético e de gorduras saturadas.

Os preços de pescado nos supermercados e feiras livres em Aracaju, SE, quando da realização da degustação, em 2013, variaram entre R\$ 15,00 kg⁻¹ e R\$ 20,00 kg⁻¹, para a posta da cavala (*Scomberomorus* spp.), pescada amarela (*Cynoscion acoupa*) e dourado (*Coryphaena hippurus*), preços equivalentes ao da posta do beijupirá, que era de R\$ 18,90 kg⁻¹. Com base nesses valores, 89% dos degustadores disseram que comprariam o beijupirá, 8% disseram que não, e 4% não responderam.

Com relação ao preço pago do peixe consumido na casa de cada participante da degustação, 65% responderam que compram peixes na faixa de R\$ 13,10 kg⁻¹ a R\$ 20,00 kg⁻¹ (Figura 19.3), o que corresponde à faixa onde se encontra o preço da posta do beijupirá na ocasião da degustação.

Figura 19.3 – Preço médio (R\$ kg⁻¹) do peixe consumido no domicílio pelo degustador, em 2013, na cidade de Aracaju, SE.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Estudo de campo

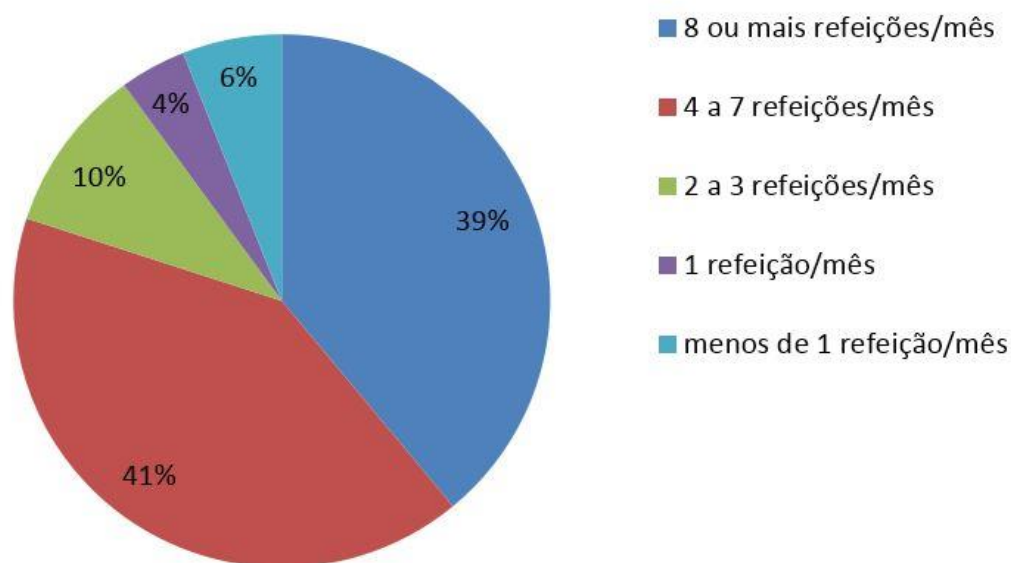
A faixa de rendimentos da maioria dos entrevistados (32%) situou-se entre 11 a 20 SM (de R\$ 8.668,00 a R\$ 15.761,00). Apenas 18% dos entrevistados ganhavam até cinco SM (R\$ 3.940,00). No resultado geral, assim como nas quatro faixas salariais pesquisadas, a maioria dos entrevistados foi do sexo masculino (63%). Em relação à faixa etária, mais da metade dos entrevistados (55%) tinham idade entre os 27 e 46 anos.

Analisando a preferência do entrevistado em relação ao consumo de carnes em sua dieta, observou-se a predominância, em todas as faixas salariais, de um consumo semanal

de um a três kg de carne bovina, de um a três kg de carne de frango e de, no máximo, um kg por semana de carne suína. A participação feminina na decisão do tipo de carne a ser consumida pela família foi considerada importante, representando 65% dos entrevistados. Considerando-se que, com exceção do grupo com renda inferior a cinco SM, em todas as outras faixas salariais 87% dos que decidem pelo tipo de carne a consumir possuem no mínimo segundo grau completo, pôde-se assumir que estes consumidores já possuem informações sobre os benefícios do consumo de cada tipo de carne.

Quanto à carne de pescado, o grupo com maior frequência (41%) de consumo de pescado, representado por quatro a sete refeições/mês (Figura 19.4), situa-se na faixa salarial acima dos 20 SM, sugerindo que o maior consumo de pescado está diretamente ligado com o poder aquisitivo do grupo familiar.

Figura 19.4 – Frequência (%) de consumo de pescado na casa dos entrevistados na cidade de Aracaju, SE.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

O supermercado é o local preferido para a aquisição do pescado para 74% dos entrevistados que ganham entre cinco a dez SM; de 89% dos situados na faixa de dez a 20 SM e de 91% dos que recebem acima de 20 SM. No ano de 2003, os supermercados foram responsáveis por 71,3% do volume de vendas de pescado em Aracaju, SE (CAZES; MELLO, 2004), corroborando a preferência do consumidor aracajuano pela compra de pescado neste tipo de estabelecimento identificada neste estudo. A facilidade de acesso, praticidade, comodidade, segurança sanitária, confiabilidade do produto, sensação de maior frescor do produto e a grande variedade de escolha, entre outros, foram os principais motivos pelos quais os entrevistados preferem comprar no supermercado.

Em pesquisa realizada pelo SEBRAE (2014), contemplando nove capitais da região Nordeste, sem levar em consideração as faixas salariais, a peixaria foi o local preferido por 40,5% dos entrevistados e o supermercado ficou em segundo lugar com 28,8%. Contrariamente, as feiras livres são o principal local de venda de pescado na região metropolitana de Manaus, AM (GANDRA, 2010). Entretanto, Barroso e Wiefels (2010) observaram uma gradativa evasão dos clientes de pescado nas feiras livres na região metropolitana do Rio de Janeiro em detrimento aos supermercados que geralmente vendem o pescado mais barato porque compram em maiores quantidades e oferecem opções de pagamento e entrega do produto. O mercado municipal, as peixarias e feiras livres apresentaram aceitação de 25%, 14,5% e 14%, respectivamente, na preferência dos entrevistados nesta pesquisa em Aracaju com faixa salarial até dez SM.

Os critérios mais importantes que influenciam na escolha do pescado no momento da compra foram, em ordem decrescente, a qualidade do produto, limpeza do local de venda, preço do pescado, apresentação do produto e a procedência do pescado (água doce ou salgada). A qualidade do beijupirá também foi apontada como o fator de maior importância no momento da compra (MADRID *et al.*, 2014). Entre os tipos de apresentação do pescado pesquisados, a ordem de preferência entre os entrevistados foi em postas (45%), filé (35%), inteiro (11%) e eviscerado (9%).

Com relação ao ambiente de procedência do pescado, a grande maioria dos entrevistados (71%) prefere o pescado de água salgada. Uma minoria (8%) prefere pescado de água doce e apenas em torno de 20% disseram não fazer diferença se o pescado é de água doce ou salgada. Quando perguntado sobre as razões para a preferência do pescado de água salgada, mais da metade (58%) respondeu que o principal motivo era o melhor sabor e aproximadamente 20% dos entrevistados não responderam os motivos dessa preferência. A preferência pelos pescados de origem marinha pelos consumidores aracajuanos apontada nesse estudo é corroborada pelo estudo realizado pelo SEBRAE (2014) em nove capitais da região Nordeste, incluindo Aracaju. Barroso e Wiefels (2010) apontaram que 86,6% do pescado consumido na região metropolitana do Rio de Janeiro foram peixes de água salgada.

Os peixes marinhos bacalhau *Gadus* spp., salmão *Salmo salar*, atum *Thunnus* spp., sardinha *Sardinella* spp., pescada *Plagioscion* spp., pescada amarela *Cynoscion acoupa*, robalo *Centropomus* spp. e vermelhos *Lutjanus* spp. aparecem entre as espécies já consumidas pelos entrevistados em Aracaju. Dessas espécies, apenas a sardinha é vendida a preços bem inferiores ao beijupirá, mostrando que, se cumpridos os requisitos indispensáveis para a maior divulgação, disponibilidade e lugares de venda, o beijupirá poderá ocupar um lugar na preferência desses potenciais consumidores. De acordo com Madrid *et al.* (2014), o beijupirá produzido em cativeiro, e utilizado na preparação de *sashimi* como uma opção de carne de peixe branca, foi considerado “superior” em comparação com o robalo e a pescada amarela por 24% e 45%, respectivamente, dos entrevistados em Recife, Brasília e Fortaleza.

A grande maioria dos entrevistados (85%), independentemente da faixa salarial do grupo familiar, respondeu não conhecer as qualidades nutricionais do beijupirá. Dos entrevistados que responderam conhecer o beijupirá, 27% disseram que tinham ficado sabendo da sua existência na internet, 22% por meio de revistas, 19% na escola, 17% na televisão e outros 15% não souberam definir o local. Entre os principais motivos para não consumir frequentemente o beijupirá, os respondentes assinalaram falta de hábito, falta de informações sobre as qualidades nutricionais do beijupirá, indisponibilidade do produto no mercado local e o não conhecimento desse pescado (Tabela 19.1). Notou-se certa variação na ordem desses motivos, mas todos os grupos de faixas de renda mencionaram as mesmas razões. Esses resultados concordam com os de Scorvo Filho (2004), que relacionou o baixo nível de consumo de pescado no Brasil a falta do produto, desconhecimento dos processos de preparo e da qualidade do pescado comercializado. Segundo Barroso e Wiefels (2010), varejistas e atacadistas de pescado da cidade do Rio de Janeiro, RJ, relataram que o primeiro passo para a introdução de novos produtos neste segmento é a oferta constante do produto, e citaram o beijupirá e pirarucu, como peixes pouco conhecidos no comércio local.

Entre os principais motivos que contribuiriam para que os entrevistados aumentassem ou passassem a consumir o beijupirá estão maior divulgação das qualidades nutricionais, oferta de carne já preparada para cozinhar (pré-pronta), maior divulgação e se o preço igualasse ao da carne de frango (Tabela 19.2). Esse último motivo não foi exclusivo dos entrevistados do grupo familiar com menor faixa salarial das aqui consideradas.

Tabela 19.1 – Motivos para não consumir frequentemente o beijupirá (*Rachycentron canadum*), tendo o entrevistado a opção de escolha de mais de uma resposta à pergunta.

Motivos	Número de respostas
Falta de hábito	40
Falta de informação sobre a qualidade nutricional do beijupirá	38
Falta de disponibilidade do produto no mercado local	24
Não conhece o beijupirá	23
Dificuldade de encontrar beijupirá de boa qualidade no mercado	13
Não conhece as formas de preparação do beijupirá	8
O preço ser mais alto em relação às outras carnes	6
Não conhece detalhes do beijupirá	6
Não respondeu	6
Não considera o beijupirá um peixe saboroso	2
Falta tempo para preparar um alimento com carne de pescado	2
Possibilidade de acidentes com as espinhas	1

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

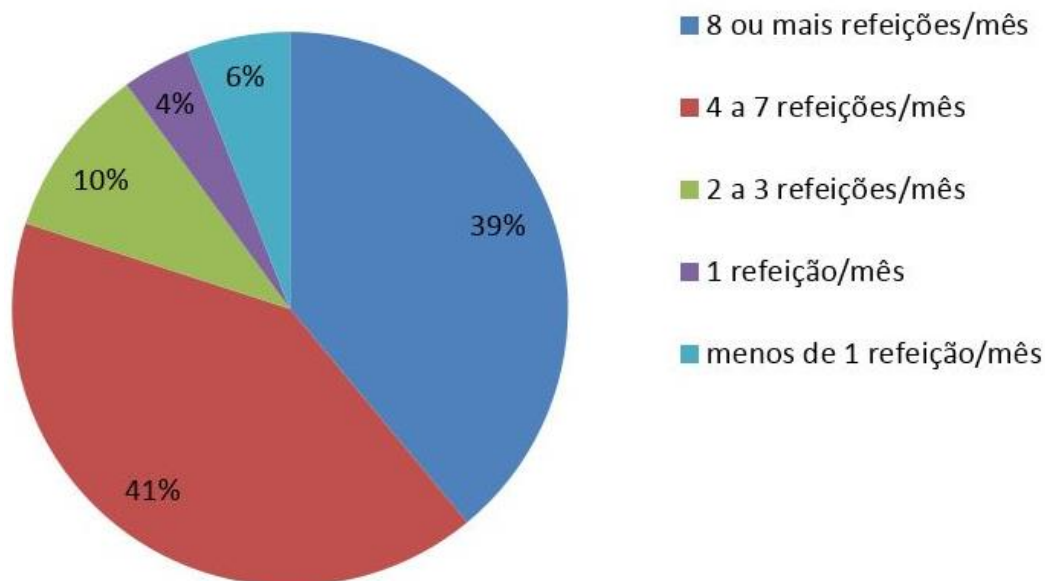
Tabela 19.2 – Motivos que fariam passar a consumir ou aumentar o consumo de beijupirá (*Rachycentron canadum*), tendo o entrevistado a opção de escolha de mais de uma resposta à pergunta.

Motivos	Número de respostas
Maior divulgação das qualidades nutricionais da carne do beijupirá	61
Se a carne do beijupirá fosse oferecida já pronta para cozinhar	20
Maior divulgação do beijupirá	19
Se o preço do beijupirá fosse igual à carne de frango	18
Não respondeu	12
Se o preço do beijupirá fosse igual à carne bovina	10
Maior disponibilidade do produto	3
Se o preço do beijupirá fosse igual à carne suína	1
Se o preço do beijupirá fosse igual à carne caprina e ovina	1
Se o sabor do beijupirá agradar	1
Possuir menos espinhas pequenas	1
Outros motivos	0

Fonte: Elaborada pelos autores do capítulo

A intenção de aumento do consumo da carne do beijupirá por uma parcela significativa dos entrevistados (65%) está relacionada ao incremento de informação ao público sobre o pescado (Figura 19.5). Conforme apontado por Schwarz e Svennevig (2009), o pequeno volume disponível de estoques selvagens de beijupirás capturados pela pesca resultou em muito pouco interesse dos distribuidores a nível mundial em desenvolver mercados potenciais e gerar informações ao público sobre esse pescado.

Figura 19.5 – Intenção de aumento do consumo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em função do incremento de informação ao público sobre o pescado na cidade de Aracaju, SE.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores do capítulo

Ao ser questionado sobre se a carne de beijupirá fosse oferecida como “comida pronta”, o entrevistado e o seu grupo familiar passariam a consumir mais desse pescado, 71% dos entrevistados afirmaram que sim, 14% disseram que não e 15% não responderam ou não souberam responder. No caso de venda de beijupirá pronto, 28% dos entrevistados preferiam comprar o peixe assado, 23% grelhado, 18% como moqueca de peixe, 8% escabeche e 7% ensopado. Peixe recheado e em conserva tiveram 4% das preferências cada um. Ainda, 7% dos entrevistados não souberam responder e 1% declararam não consumir produtos pré-prontos.

CONCLUSÕES

A carne do beijupirá é amplamente aceita pelo consumidor, que tem preferência por sua apresentação em postas fritas. O potencial de consumo do beijupirá é considerado bastante promissor, pois reúne todas as características de preferência dos consumidores locais apontadas nesta pesquisa, apesar da maioria dos entrevistados não conhecer o beijupirá em razão da falta de disponibilidade de seus produtos no mercado local e de informações sobre as suas qualidades nutricionais.

Existe uma grande tendência de aumento do consumo do beijupirá, caso haja um aumento da informação ao público sobre este pescado. Uma importante parcela do público entrevistado está disposta a pagar pelo beijupirá o preço equivalente às espécies nobres de peixes marinhos consagrados no mercado.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; IBARRA-CASTRO, L. Aquaculture species selection method applied to marine fish in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 408-409, p. 20-29, 2013.
- BARROSO, R.M.; WIEFELS, A.C. **O mercado de pescado da região metropolitana do Rio de Janeiro**. 2010. Disponível em: <http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/proyectos/92/Mercado%20Rio%20de%20Janeiro%20FINAL.pdf>. Acesso em 20.08.2020.
- CAVALLI, R.O.; HAMILTON, S. Piscicultura marinha no Brasil com ênfase na produção do beijupirá. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 6, p. 64-69, 2009.
- CAVALLI, R.O.; DOMINGUES, E.C.; HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 155-164, 2011.

- CAZES, J.; MELLO, S. **O mercado de pescado de Aracaju**. Montevideo: INFOPECA, 2004. 45p.
- CHANG, D. O cultivo de beijupirá em Taiwan. A escolha de um peixe de carne branca para consumidores exigentes. **Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 79, p. 43-49, 2003.
- CHUANG, J.L.; LIN, R.T.; SHIAU, C.Y. Comparison of meat quality related chemical compositions of wild-captured and cage-cultured cobia. **Journal of Marine Science and Technology**, v. 18, n. 4, p. 580-586, 2010.
- COLLAÇO, F.L.; SARTOR, S. M.; BARBIERI, E. Cultivo de beijupirá (*Rachycentron canadum*) em Cananeia, SP, Brasil. Avaliação da viabilidade utilizando geoprocessamento. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 15, n. 2, p. 277-289, 2015.
- DE SILVA, S.S.; PHILLIPS, M.H. A review of cage aquaculture: Asia (excluding China). In: HALWART, M.; SOTO, D.; ARTHUR, J.R. (Eds.) **Cage aquaculture – Regional reviews and global overview**. Rome: FAO, 2007. p. 18-48.
- DUNCAN, M. *et al.* Bioimpedance assessment of body composition in cobia *Rachycentron canadum* (L. 1766). **Aquaculture**, v. 271, p. 432-438, 2007.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Cultured aquatic species information program: *Rachycentron canadum***. 2016. Disponível em: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rachycentron_canadum/en. Acesso em 20.08.2020.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Fishery and Aquaculture Statistics 1950-2018 (FishstatJ)**. In FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2020. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- GANDRA, A.L. **O mercado de pescado da região metropolitana de Manaus**. 2010. Disponível em: www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publiblibreacesso/282/Manaus-completo.pdf. Acesso em: 20.08.2020.
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). **Relatório sobre análise de gordura e colesterol em peixes**. 2011. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/relatorio_final_peixes.pdf. Acesso em 20.08.2020.
- KAISER, J.B.; HOLT, G.J. **Species Profile Cobia**. *Southern Regional Aquaculture Center*, Publication 7202, 6 p. 2005.
- LANDUCI, F.S. *et al.* Geographic Information System as an instrument to determine suitable areas and identify suitable zones to the development of emerging marine finfish farming in Brazil. **Aquaculture Research**, v. 51, p. 3305-3322, 2020.
- LIMA, L. N. S. S. *et al.* Identification of areas with adequate temperature for the culture of cobia in cages along the Brazilian coast. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, e5547, 2018.
- MARINE FARMS. **Annual Report 2008: Marine Farms ASA**. 2009. Disponível em: <http://hugin.info/134438/R/1310300/303032.pdf>. Acesso em 20.08.2020.
- MADRID, R.M. *et al.* Análise de aceitação do beijupirá cultivado, *Rachycentron canadum*, no mercado local. In: NUNES, A.J.P. (Ed.). **Ensaio com o beijupirá: *Rachycentron canadum***. Fortaleza: Ministério da Pesca e Aquicultura/CNPq/UFC, 2014. p. 225-242.
- MIAO, S. *et al.* Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. **Aquaculture International**, v. 17, n. 4, p. 125-141, 2009.
- SCHWARZ, M.H. *et al.* Research-industry links assist cobia farming production. **Global Aquaculture Advocate**, p.v56-58, 2007.
- SCHWARZ, M.; SVENNEVIG, N. **Cobia culture: Global production, markets, challenges**. 2009. Disponível em: www.aquaculturealliance.org/advocate/cobia-culture-global-production-markets-challenges/ Acesso em 20.08.2020.
- SCORVO FILHO, J.D. **O agronegócio da aquicultura: perspectivas e tendências**. 2004. Disponível em: [ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/agronegocio_aquicultura.pdf](http://ftp.sp.gov.br/ftppesca/agronegocio_aquicultura.pdf). Acesso em 20.08.2020.
- SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Mercado de pescados produzidos no Nordeste**: Estudo sobre distribuição e consumo de tilápia, tambaqui e ostra nas capitais da região. Brasília: SEBRAE/PB, 2014. 58p.
- SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). **Aquicultura no Brasil**: Série Estudos Mercadológicos. 2015. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf). Acesso em 20.08.2020.

AUTORES

Alexandre Sachsida Garcia

Laboratório de Piscicultura Marinha / Centro de Estudos do Mar
Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Av. Rio Grande s/n, Balneário Mirassol
83255-000 Pontal Paraná, PR

Alitieni Moura Lemos Pereira

Grupo de Pesca e Aquicultura
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) / Unidade Meio-Norte
BR 343, km 35, Caixa Postal 341
64200-970 Parnaíba, PI

Ana Paula Klein

Estação Marinha de Aquicultura / Instituto de Oceanografia
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Rua do Hotel, 2, Querência, Cassino
96210-030 Rio Grande, RS

Artur Nishioka Rombenso

Bribie Island Research Centre / Aquiculture Program – Agriculture & Food
The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
144 North Street, Woorim, Bribie Island
4507 Queensland, Australia

Bárbara de Cassia Soares Brandão

Laboratório de Piscicultura Marinha / Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Carlos Alberto da Silva

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Unidade Tabuleiros Costeiros
Avenida Beira-Mar, 3250 – Jardins
49025-040 Aracaju, SE

Carlos Augusto França Schettini

Instituto de Oceanografia
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Av. Itália, Km 8
96203-000 Rio Grande, RS

Carlos Prentice-Hernández

Laboratório de Tecnologia de Alimentos / Escola de Química e Alimentos
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Avenida Itália km 8 s/n, Carreiros
96203-900 Rio Grande, RS

Carolina Notaro de Barros

Laboratório de Sanidade de Animais Aquáticos / Departamento de Medicina Veterinária
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Cauê Bonucci Moreira

Laboratório de Peixes e Ornamentais Marinhos / Departamento de Aquicultura
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi
88040-970 Florianópolis, SC

Claudia Ehlers Kerber

Redemar Alevinos
Rua Luis Ameixeiro, 194
11630-000 Ilhabela, SP

Dulcilene Lacerda do Nascimento

Laboratório de Sanidade de Animais Aquáticos / Departamento de Medicina Veterinária
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Eduardo Luiz Tavares Gonçalves

Laboratório de Peixes e Ornamentais Marinhos e Laboratório de Sanidade de Organismos
Aquáticos / Departamento de Aquicultura
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi
88040-970 Florianópolis, SC

Elisabete Maria Macedo Viegas

Laboratório de Aquicultura / Departamento de Zootecnia
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos / Universidade de São Paulo (USP)
Av. Duque de Caxias Norte, 225 – Jardim Elite
13635-900 Pirassununga, SP

Emiko Shinozaki Mendes

Laboratório de Sanidade de Animais Aquáticos / Departamento de Medicina Veterinária
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Emilly Anny Benevides de Abreu

Laboratório de Genômica Evolutiva e Ambiental / Departamento de Zoologia
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Prof. Moraes Rego, 1235
50670-420 Recife, PE

Erika da Silva Maciel

Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Campus de Miracema
Av. Lourdes Solino, S/N
77650-000 Miracema do Tocantins, TO

Ernesto de Carvalho Domingues

Laboratório de Hidrodinâmica Costeira / Departamento de Oceanografia
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Prof. Moraes Rego, 1235
50670-901 Recife, PE

Evandro Figueiredo Sebastiani

Empresa de Consultoria em Licenciamento Ambiental/Aquícola
Rua Benedito Ramos dos Santos, 161, Sala 6
11611-591 São Sebastião, SP

Fabíola Helena dos Santos Fogaça

Laboratório de Bioacessibilidade / Embrapa Agroindústria de Alimentos
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Av. das Américas, 29501 – Guaratiba
23020-470 Rio de Janeiro, RJ

Gabriela Hashimoto

Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos / Departamento de Aquicultura
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi
880400-900 Florianópolis, SC

Gislaine Guidelli

Núcleo de Sanidade Aquícola / Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
Rua Rui Barbosa, 710, Centro
44380-000 Cruz das Almas, BA

Helane Maria Silva da Costa

Laboratório de Enzimologia / Departamento de Bioquímica e Biofísica
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av Professor Moraes Rêgo, s/n
50670-420 Recife, PE

Juliana Antunes Galvão

Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição / Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz
Universidade de São Paulo (USP)
Av. Pádua Dias, 11
13418-900 Piracicaba, SP

Lais Ferreira Novaes

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
Campus Universitário da UFRB, s/n – Centro
44380-000 Cruz das Almas, BA

Larissa Neves Simões de Souza Lima

Laboratório de Piscicultura Marinha / Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Luciana Kimie Savay-da-Silva

Departamento de Alimentos e Nutrição / Faculdade de Nutrição
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Bairro Boa Esperança.
78060-900 Cuiabá, MT

Luis Alberto Romano

Estação Marinha de Aquicultura / Instituto de Oceanografia
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Rua do Hotel, 2, Querência, Cassino
96210-030 Rio Grande, RS

Luis Henrique da Silva Poersch

Estação Marinha de Aquicultura / Instituto de Oceanografia
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Rua do Hotel, 2, Querência, Cassino
96210-030 Rio Grande, RS

Luiz Flávio Arreguy Maia Filho

Departamento de Economia
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Manuel Alberto Gutierrez Cuenca

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Unidade Tabuleiros Costeiros
Avenida Beira-Mar, 3250 – Jardins
49025-040 Aracaju, SE

Marcondes Agostinho Gonzaga Júnior

Departamento de Engenharia de Pesca
Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR)
Rua da Paz, 4376 – Lino Alves Teixeira
76916-000 Presidente Médici, RO

Maria Raquel Moura Coimbra

Laboratório de Genética Aplicada / Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Marília Oetterer

Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição / Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz
Universidade de São Paulo (USP)
Av. Pádua Dias, 11
13418-900 Piracicaba, SP

Marta da Costa Klosterhoff

Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura / Campus Uruguaiiana
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
BR 472, Km 592
97501-970 Uruguaiiana, RS

Maurício Laterça Martins

Laboratório de Sanidade de Organismos Aquáticos / Departamento de Aquicultura
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi
880400-900 Florianópolis, SC

Mondrian Rodrigues de Sales

Laboratório de Genética Aplicada / Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Mônica Yumi Tsuzuki

Laboratório de Peixes e Ornamentais Marinhos / Departamento de Aquicultura
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Rodovia Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi
88040-970 Florianópolis, SC

Pedro Filipe Ribeiro Araújo

Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Campus Ministro Reis Velloso
Av. São Sebastião, 2819
64202-020 Parnaíba, PI

Ranilson de Souza Bezerra

Laboratório de Enzimologia / Departamento de Bioquímica e Biofísica
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av Professor Moraes Rêgo, s/ n
50670-420 Recife, PE

Renata Cristina da Penha França

Laboratório de Enzimologia / Departamento de Bioquímica e Biofísica
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av Professor Moraes Rêgo, s/ n
50670-420 Recife, PE

Ricardo Luís Mendes de Oliveira

Instituto Federal da Paraíba (IFPB)
Campus Cabedelo
Rua Santa Rita de Cássia, 1900 – Jardim Camboinha
58103-772 Cabedelo, PB

Roberta Almeida Rodrigues

Grupo de Pesca e Aquicultura
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) / Unidade Meio-Norte
BR 343, km 35, Caixa Postal 341
64200-970 Parnaíba, PI

Rodrigo Augusto Torres

Laboratório de Genômica Evolutiva e Ambiental / Departamento de Zoologia
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Prof. Moraes Rego, 1235
50670-420 Recife, PE

Rodrigo Maciel Calvet

Grupo de Pesca e Aquicultura
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) / Unidade Meio-Norte
BR 343, km 35, Caixa Postal 341
64200-970 Parnaíba, PI

Ronaldo Olivera Cavalli

Estação Marinha de Aquicultura / Instituto de Oceanografia
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Rua do Hotel, 2, Querência, Cassino
96210-030 Rio Grande, RS

Santiago Hamilton

Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

Sheyla Cristina Vargas

Laboratório de Aquicultura / Departamento de Zootecnia
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos / Universidade de São Paulo (USP)
Av. Duque de Caxias Norte, 225 – Jardim Elite
13635-900 Pirassununga, SP

Soraia Barreto Aguiar Fonteles

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
Campus Universitário da UFRB, s/n – Centro
44380-000 Cruz das Almas, BA

Taciana Kramer de Oliveira Pinto

Laboratório de Ecologia Bentônica / Unidade de Ensino Penedo, Campus Arapiraca
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Av. Beira Rio, s/n – Centro Histórico
57200-000 Penedo, AL

Thales Ramon Queiroz de Bezerra

Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)
Avenida Professor Luiz Freire nº 500
Cidade Universitária
50740-540 Recife, PE

Washington Luiz Gomes Tavechio

Núcleo de Sanidade Aquícola / Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
Rua Rui Barbosa, 710, Centro
44380-000 Cruz das Almas, BA

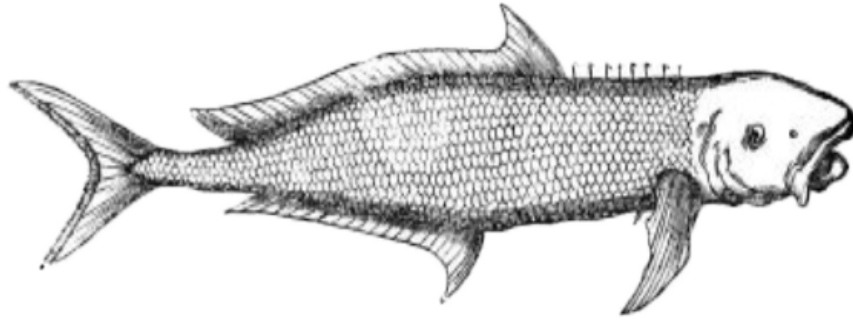
Washington Santos

Laboratório de Ecologia Bentônica / Unidade de Ensino Penedo, Campus Arapiraca
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
Av. Beira Rio, s/n – Centro Histórico,
57200-000 Penedo, AL

William Severi

Laboratório de Ictiologia / Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Av. Dom Manoel Medeiros, s/n – Dois Irmãos
52171-900 Recife, PE

**EDITORA E GRÁFICA DA FURG
CAMPUS CARREIROS
CEP 96203 900
editora@furg.br**



Primeira imagem do beijupirá, no Brasil, atribuída ao cartógrafo e naturalista alemão Georg Marcgrave, publicada em 1648 como parte da obra *Historia Naturalis Brasiliae*.

MARCGRAVE, G. e W. PISO. *Historia naturalis Brasiliae*. Amsterdam: Elsevier. 1648.

ISBN 978-65-5754-120-3



9 786557 541203