

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**REPRODUÇÃO DO ROBALO-PEVA *Centropomus parallelus* (POEY, 1860) (TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE)
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Pedro Carlos da Silva Serralheiro

Orientador: Marcelo Barbosa Henriques

Co-orientadora: Idili da Rocha Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Outubro - 2012

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**REPRODUÇÃO DO ROBALO-PEVA *Centropomus
parallelus* (POEY, 1860) (TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE)
EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Pedro Carlos da Silva Serralheiro

Orientador: Marcelo Barbosa Henriques

Co-orientadora: Idili da Rocha Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aqüicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aqüicultura e Pesca.

São Paulo

Outubro – 2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

S487r

Serralheiro, Pedro Carlos da Silva

Reprodução do robalo-peva *Centropomus parallelus* (POEY, 1860)
(TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE) em sistema de recirculação de água /
Pedro Carlos da Silva Serralheiro -- São Paulo, 2012.
v, 72f. ; il. ; graf. ; tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e
Abastecimento.

Orientador: Marcelo Barbosa Henriques

1. Sistema de recirculação de água. 2. Robalo-peva. 3. Reprodução.
4. Economia. I. Henriques, Marcelo Barbosa. II. Título.

CDD 597

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

“REPRODUÇÃO DO ROBALO-PEVA *Centropomus parallelus*
(POEY, 1860) (TELEOSTEI, CENTROPOMIDAE) EM
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA”

AUTOR: Pedro Carlos da Silva Serralheiro

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

CO-ORIENTADOR: Prof^a. Dr^a. Idili da Rocha Oliveira

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de
MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em
Aquicultura, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques



Prof^a. Dr^a. Lucy Satiko Hashimoto Soares



Prof. Dr. João Donato Scorvo Filho

Data da realização: 29 de outubro de 2012



Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

AGRADECIMENTOS

Como só não ocorrer com algumas raras atividades humanas, além dos investimentos a pesquisa sempre necessita do despreendimento de inúmeras pessoas, motivo pelo quais agradeço o auxílio financeiro do CNPq (504192/03-5) e, deveras, a multitude de companheiros com as quais compartilhei meus anseios e emoções durante esta jornada.

Sumário

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	iv
1. Introdução Geral	1
1.1 O robalo-peva <i>Centropomus parallelus</i>	3
1.2 Biologia reprodutiva do robalo-peva	4
1.3 Sistemas de incubadoras usadas no robalo-peva	5
1.4 Sistemas de incubadoras de recirculação com controle ambiental	7
1.5 Viabilidade econômica do robalo-peva	9
1.6 Referências	11
2. Apresentação dos artigos	19
2.1 Capítulo 1	20
Resumo	21
Abstract	23
Introdução	24
Materiais e Métodos	25
Resultados e Discussão	28
Referências	34
2.2 Capítulo 2	41
Resumo	42
Abstract	44
Introdução	45
Materiais e Métodos	47
Resultados	52
Discussão	56
Referências	59
3. Considerações finais	70

Resumo

Este estudo analisa os dados da performance reprodutiva de dois grupos duplicados de fêmeas acasaladas de robalo-peva, *Centropomus parallelus*, (7 por grupo; peso 685,15 ± 91,90g) expostos em dois regimes contínuos de fotoperíodos (9F:15E e 15F:9E; fotofase:escotofase), durante 27 meses consecutivos (novembro/2005-janeiro/2008), em uma incubadora-piloto de recirculação de água, localizada no Núcleo de P&D/Instituto de Pesca/APTA/SAA, em Cananéia, SP/BR. Baseado nos resultados da produção de ovos, este estudo, também, simula um modelo de estratégia operacional para a hipótese de decisão de uso da instalação em cenário de produção comercial. Em ambos os grupos, a intensidade (500 lux) e espectro ($\lambda=310-890$ nm) da luz ambiente, temperatura ($28 \pm 0,5$ C) e salinidade (33 ± 1) da água foram mantidas constantes. Contrastes foram evidenciados para a aquisição de peso corporal (g), período de oócito com máximo diâmetro (dias) apresentados pelos grupos fotoperiódicos. Para ambas as características, o grupo 15F:9E, apresentou os valores respectivos de 2116,9 g e 240 d, significativamente menores ($p<0,05$) que os observados no grupo 9F:15E, respectivamente, de 2615,0 e 480. Esse desempenho diferenciado refletiu na frequência anual dos ciclos de reprodução, quando fêmeas foram estimuladas com hCG, com o grupo 15F:9E apresentando uma única frequência anual, em clara contradição com os dois ciclos anuais no grupo 9F:15E. Incremento progressivo da fecundidade das fêmeas pelo efeito de incremento da sua biomassa no sistema, sugeriu a existência de uma de escalabilidade vertical na produção de ovos para ambos os grupos. Os modelos econômicos simulados mostraram clara vantagem na rentabilidade do grupo 9F:15E sobre 15F:15E, apesar do custo a mais de energia de iluminação. Para uma produção média anual estimada em torno de 90,29 milhões de ovos, no cenário hipotético de 10 anos, os custos associados com a produção de embrião de 1 dia foi R\$ 0,0079 ovo⁻¹ ou R\$ 7.773,64 Kg ovo⁻¹. No período, com referenciais de preços de venda/embrião, R\$ 0,034 ou R\$ 0,056, similares aos praticados no mercado para outras espécies, a instalação acumularia fluxos de caixa (FC) positivos de R\$ 17,69 milhões ou R\$ 29,61 milhões, e derivaria taxas internas de retorno (TIRs) respectivas de 204,87% ou 336,97%, valor presente líquido (VPL) de R\$ 10,09 milhões ou R\$ 19,73 milhões, retorno do capital (RC) de 1,01 anos ou 0,83 ano e ponto de nivelamento ao redor de 21,41 ou 12,99 milhões de ovos. A análise da reprodução destacou que os maiores ganhos a serem realizados foram o aumento da fecundidade e dos ciclos de reprodução, ambos claramente associados com a qualidade produtiva da instalação. O modelo econômico derivado evidenciou que: melhoria de rentabilidade e diminuição dos custos de capital fixo e operacional foram menos sensíveis proporcionalmente aos preços de venda do que com a escalabilidade vertical da produção.

Palavras-chave: Sistema de recirculação de água; Economia; Robalo-peva; Reprodução.

Abstract

This study analyzes data of the reproductive performance of two groups females of fat-snook, *Centropomus parallelus*, (N=14/group, Wt. 685.15 ± 91.90 g) exposed in two continuous photoperiodic programs (9P:15S and 15P:9S; photophase:scotophase) for 27 consecutive months (November/2005-January/2008) in a pilot-hatchery water recirculation, located at the Fisheries Institute/APTA/SAA, in Cananéia, São Paulo Estate, Brazil. Based on the results of egg production, this study also simulates an operating strategy for the hypothesis to use this facility at a commercial-scale. In the groups, the light intensity (500 lux) and spectrum ($\lambda = 310-890$ nm) and the water temperature (28 ± 0.5 C) and salinity (33 ± 1 ppm) were held constant. Contrasts were shown for the body weight (g) and maximum period of oocyte diameter (days). For characteristics, the group 15F:9E showed respective values of 2,116.9 g and 240 days, significantly lower ($p < 0.05$) than those for group 9F:15D, respectively, 2,615.08 g and 480 days. This differentiated performance was also reflected in the frequency of annual cycles of reproduction, in females stimulated with HCG. The 15F:9E group presenting a single annual frequency, in clear contradiction with the two annuals cycles in the 9F:15E group. The continuous increase in fecundity, in response to progressive weight acquisition in all females, suggested the existence of a scale-up of the eggs production. Reproductive analysis highlighted that the biggest gains for increasing fertility and reproduction cycles, both clearly associated with the quality of the facility. Economic analysis highlighted that the greatest gains to be realised in improving profitability were those associated with the group 9F:15E. For an annual production estimated at around 90.29 million eggs, in the hypothetical scenario of 10 years, the costs associated with the production of 1-day embryo was US\$ 0.0039 egg⁻¹ or US\$ 3,888.91 kg egg⁻¹. During the period, with reference to selling prices/embryo, of US\$ 0.017 or US\$ 0.0316, similar to those prevailing in the market for other species, the projected positive cumulative cash flow (CF) of US\$ 8.69 million or US\$ 14,8 million, internal rates of return (IRR) of 204.87% or 336.97%, net present value (NPV) of \$ 5.04 million or \$ 9.86 million, return on capital (RC) of 1.01 years or 0.83 years, and return point (RT) around 21.41 or 12.99 million eggs. The economic model demonstrate that improved profitability and lower costs of fixed and operating capital were proportionally less than sensitive to selling prices than with the vertical scaling-up of production.

Keywords: Recirculating aquaculture system; Economics; Fat snook; Reproduction.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Produtividade biológica dos estoques e intervenção deliberada na teia trófica de produção são fundamentos que distinguem as práticas industriais modernas de criação de peixes marinhos das formas tradicionais milenares e que ainda persistem, especialmente na Itália onde são conhecidas como “valiculturas”, e que tipicamente usam as migrações sazonais de peixes em lagoas costeiras como oportunidade para o abastecimento de juvenis. No entanto, ambas requerem eficiência tecnológica para sustentar a participação relativa na produção global de peixes. Como a pesca atua em ecossistemas cuja dinâmica trófica é modelada principalmente pela entrada sazonal de nutrientes (GIRAUD et al., 2008; WALLACE et al., 2010), parece improvável que incrementos de captura possam ser apoiados sem um aumento substancial nos insumos. Enquanto a ressurgência artificial do leito oceânico (WHITE et al., 2010) e a inclusão deliberada de nutrientes (JONES, 2011) são suspeitas como estratégias de enriquecimento marinho, a piscicultura, face a qualidade diferencial das tecnologias, vem se tornando uma alternativa de produção consistente.

Ao contrário da percepção de que a aquicultura concorre com o reinante até o final de década passada (NAYLOR et al., 2000), os sistemas de piscicultura marinha podem ser propostos para que os todos os componentes da estrutura trófica e a produtividade de biomassa sejam gerenciáveis. Como já existe uma gama de organismos marinhos, vegetais e animais, disponibilizados pela aquicultura, várias alternativas de redes de ligações tróficas podem ser modeladas para cobrir as necessidades de óleos e proteínas marinhas das espécies em cativeiro, especialmente das carnívoras, como o robalo-peva *Centropomus parallelus*. Quando os estoques não coexistem com processos desestabilizadores na cadeia alimentar e nem estabelecem interações com predadores, como ocorrem na natureza, o rendimento líquido somente é alterado por mortalidade natural ou se houver falhas no manejo.

No Ocidente, o advento da piscicultura marinha está associado com os primeiros esforços feitos, durante o final da década de 1970 e início de 1980,

na França e Itália, para a manutenção e reprodução de estoques de robalo-europeu, *Dicentrarchus labrax* e da dourada, *Spaurus aurata*, inicialmente nos laboratórios de pesquisa dos governos e depois no setor privado. O desenvolvimento tardio expõe os desafios para estabelecer a produção de alevinos de boa qualidade e em quantidade, somente superada com as tecnologias de recirculação de água e controle ambiental da reprodução (MORETTI et al., 1999). Em muitos aspectos esta história é parecida com a situação experienciada pelas espécies marinhas no Brasil, particularmente com o robalo-peva, *Centropomus parallelus*.

Desde que as criações comerciais adquiriram sinais externos de uma atividade agro econômica bem sucedida, o número de espécies as quais os ecossistemas marinhos deixaram de ser a fonte principal tem se ampliado. Dados da FAO (2012) mostram que das quase 800 espécies de peixes identificadas nas capturas marinhas, aproximadamente 12% têm sido usadas na aquicultura. Para o salmão do Atlântico (*Salmo salar*), perca-gigante (*Lates calcarifer*), bijupirá (*Rachycentron canadum*), robalo-europeu (*D. labrax*) e dourada (*S. aurata*), a eficiência relativa da produção da aquicultura sobre a pesca tem sido superior a 97%.

Da perspectiva da trajetória mundial da piscicultura marinha as espécies podem ser agrupadas em três categorias, em óbvia relação com a disponibilização das técnicas de controle da reprodução: (i) com longo histórico de provação (*Salmo salar*, robalo-europeu, dourada), (ii) com história recente (alabote do Atlântico, *Hippoglossus hippoglossus*) e (iii) emergente, cujo potencial está sendo antecipado pelas pesquisas, a exemplo do robalo-peva, *Centropomus parallelus*. Se, como notado, a efetividade do controle da reprodução tem sido importante para orientar as decisões de incluir novas espécies marinhas na aquicultura, então, duas questões necessitam ser respondidas para o robalo-peva. Primeiro, determinar o sistema mais seguro para o confinamento dos reprodutores e, segundo, determinar os procedimentos mais apropriados para estimular a reprodução.

1.1 O Robalo-peva *Centropomus parallelus*

Dentre as seis espécies de peixes da família Centropomidae que ocorrem na costa do Atlântico do continente americano (RIVAS, 1986), o robalo-peva *Centropomus parallelus*, juntamente com *C. undecimalis*, são as duas principais cujos experimentos têm reconhecido características de interesse para a aquicultura comercial.

O robalo-peva é uma espécie eurialina amplamente distribuída entre os estados da Flórida, USA, e de Santa Catarina, Brasil. Estudos moleculares evidenciaram similaridade genética entre as populações desta espécie na costa brasileira (PRODOCIMO et al., 2008), sugerindo uma elevada capacidade de adaptação aos vários tipos de climas aí encontrados. Na região sudeste do Brasil, área deste estudo, foi sugerido que a atividade reprodutiva ocorre praticamente durante todo o ano, com maior intensidade entre os meses de setembro a março (ITAGAKI, 2005). Estudos sobre controle da reprodução, criação de larvas, desenvolvimento e metamorfose (FERRAZ et al., 2002; ALVAREZ-LAJONCHÈRE et al., 2002; ALVES et al., 2006), controle ambiental do ritmo da atividade locomotora e alimentar (CARVALHO, 2006), demanda nutricional (LEMOS et al., 2006), crescimento (OSTINI et al., 2007; SANCHES et al., 2011) e criopreservação do sêmen (TIBA et al., 2009), fornecem informações importantes sobre a performance desta espécie em cativeiro. Com respeito à reprodução, no entanto, os reprodutores têm exibido disfunções incluindo disparidades na periodicização dos ciclos reprodutivos, variações nas taxas de fecundações e de eclosão, em clara demonstração de que os sistemas de incubadoras usados não têm sido efetivos para simular os estímulos necessários para que os indivíduos expressem sua habilidade natural. Da perspectiva da aquicultura de qualquer espécie, manipular a periodicidade dos ciclos de reprodução em cativeiro é desejável (BROMAGE et al., 2001; CHEMINEAU et al., 2009). Esquemas dessa natureza aplicados nas incubadoras de robalo-peva ampliariam a oferta de larvas durante o ano e diminuiriam os custos associados com a manutenção dos estoques inoperantes durante boa parte do ano.

Com respeito aos sistemas propostos para o condicionamento dos estoques de reprodutores de robalo-peva, as pesquisas são escassas e fragmentadas. Portanto este estudo fornece uma visão geral sobre 1) a biologia reprodutiva do robalo-peva; 2) os sistemas usados nas incubadoras e 3) o potencial técnico e econômico dos sistemas de recirculação de água no acondicionamento do robalo-peva.

1.2 Biologia reprodutiva do robalo-peva

Apesar do robalo-peva suportar uma importante pesca comercial e recreativa, tanto no Brasil como em outros países americanos, poucas investigações sobre a biologia reprodutiva têm sido disponibilizadas. Esta espécie depende de habitats de água doce e marinha, que são correntemente ameaçados por impactos antropogênicos devido ao desenvolvimento descontrolado da costa, uso de herbicidas, poluição e pressão da pesca (DUTKA-GIANELLI, 2010).

Os registros indicando um longo período anual de atividade reprodutiva pode ser uma medida do alto grau de adaptação do robalo-peva com relação aos diversos tipos de habitats que a espécie transita durante o ciclo de vida. CHAVEZ (1963) reportou estação reprodutiva de abril a dezembro, com pico durante o verão para *C. parallelus* do México. CARVAJAL-ROJAS (1972) também reportou uma extensa estação reprodutiva para populações da Venezuela, de abril a novembro, com dois picos anuais, em junho e julho, e em outubro e novembro. Estudos sobre *C. parallelus* no Brasil, também registraram longos períodos de tempo (8 a 10 meses) com diferentes picos, no verão, segundo PATRONA (1984) ou na primavera e outono (ITAGAKI, 2005).

O robalo-peva apresenta características biológicas que são consistentes com proto-hermafroditismo, com desovas assincrônicas. Estudos histológicos recentes diagnosticaram, pela primeira vez nesta espécie, a exibição de duas fases de diferenciação fenotípica das gônadas correlacionadas com o tamanho dos indivíduos. A primeira, como testículos, manifestando-se quando os indivíduos atingem 200 mm e 62 g e, a segunda, aos 230 mm e 100g, com a conversão dos testículos em ovários, mediante a substituição das lamelas testiculares por oócitos perinucleares (SÁNCHEZ-MORALES et al., 2009). A

existência de machos com tamanhos similares aos das fêmeas de maior comprimento (acima de 550 mm), documentadas por DUTKA-GIANELLI (2010) em agregações reprodutivas, não elimina a possibilidade de que a participação sexual destes seja mais efetiva em comparação com os machos precoces. No entanto, a evidência de que indivíduos podem permanecer machos funcionais pelo resto de suas vidas, sugere que a transição sexual não é obrigatória para o robalo-peva.

Padrão reprodutivo similar tem sido demonstrado em outros robalos como *Centropomus undecimalis* (TAYLOR et al., 2000) e *Lates calcarifer* (FAO, 2007), sugerindo que as condições ambientais em incubadoras poderiam ser manipuladas para controlar artificialmente a inversão do sexo e a sincronização das fases de desenvolvimento entre os sexos, ambos os aspectos de interesse para a estabilidade da taxa potencial da reprodução e da proporção sexual operacional (CLARK e GRANT, 2010).

No entanto, os condicionantes ambientais que pressionam os mecanismos que moldam a gametogênese no robalo-peva (isto é, migração reprodutiva, profundidade, hidráulica fluvial e marinha, fotoperíodo, temperatura, salinidade, etc.) são ainda desconhecidos, motivo pelo qual, correntemente as metodologias aplicadas na reprodução e geração de larvas, normalizadas em escala de laboratório, ainda exibem baixos índices de eficiência produtiva.

1.3 Sistemas de incubadoras usadas no robalo-peva

Estudos sobre controle da maturação e da reprodução no robalo-peva começaram a ser desenvolvidas, primeiro no Brasil, no final da década de 1990, na Universidade Federal do Estado de Santa Catarina e no Instituto de Pesca da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e mais recentemente, no México, na Universidad Juárez Autónoma do Estado de Tabasco México (GODINHO et al., 2000; ALVARES-LAJONCHÈRE et al., 2004; CONTRERAS-GARCIA, 2011), mas existem dúvidas sobre a confiabilidade das tecnologias disponibilizadas em cenários de produção comerciais.

Desafortunadamente, o desenvolvimento de sistemas de incubação nem sempre mereceu a devida atenção desde os primeiros estudos sobre reprodução conduzidos com o robalo-peva. Isso explica porque a despeito dos vários anos de pesquisas com a espécie, ainda não existe disponibilizado nenhum sistema de reprodução normalizado para produção de larvas em escala piloto, enfatizado como um pré-requisito para que a performance técnica e econômica possa ser avaliada para uma situação de produção comercial com razoável confiança (HUGUENIN, 1975). Como reconhecido por ALVAREZ-LAJONCHÈRE et al., (2007), a organização e os métodos de trabalho nos sistemas de produção de peixes também precisam reconhecer os efeitos de escala.

Os estudos correntes de reprodução do robalo-peva têm sido feitos em adultos de estoques selvagens capturados de águas costeiras próximas aos sítios de desova (GODINHO et al., 2000) ou procedentes de estoques de reprodução artificial (REIS e CERQUEIRA, 2003). Em ambos os grupos de adultos, as inconsistências das respostas reprodutivas têm sido igualmente amplas e significativas, incluindo diminuição das estações de reprodução, desovas negativas e alta variabilidade na fecundação e na eclosão, indicando que a origem dos indivíduos não é uma condição obrigatória para o sucesso da reprodução. O fato da queda da performance reprodutiva ser similar com relação aos diferentes tipos de sistemas de reprodução correntemente usados (tanques rede em viveiros externos e tanques abrigados, estes podendo conter sistema de filtração biológica exigindo reposição parcial de água marinha ou, ainda, abastecidos com fluxo aberto de água), não exclui a possibilidade da sua inabilidade em recrutar os indivíduos para maturação. Essa hipótese é reforçada pelo sucesso de desovas ao longo do ano obtidas no robalo-asiático *Lates calcarifer* em sistema de recirculação de água marinha com tratamento ambiental (SCHIPP et al., 2007). Adicionalmente, como os critérios aplicados durante a maturação e reprodução exigem que os peixes sejam constantemente transferidos de ambientes, não se descarta uma resposta crônica de estresse comprometendo a habilidade reprodutiva natural do robalo-peva. Estresse crônico, por manipulação excessiva tem sido mostrado em

outros peixes por elevar os níveis de cortisol com impacto negativo na reprodução (SCHRECK, 2010).

1.4 Sistemas de incubadoras de recirculação com controle ambiental

O sucesso comercial de uma nova espécie é dependente da capacidade de um sistema de confinamento em prover no meio as condições para que os indivíduos atinjam a idade adulta e se multipliquem. Em comparação com as práticas tradicionais de criação, os sistemas de recirculação de água (SRAs) têm oferecido maior independência do ambiente externo, que se traduz em ganho na capacidade de introduzir novos critérios de avaliação e prevenção dos riscos na aquicultura marinha (FREDRIKSSON et al., 2008).

Sistemas de recirculação de água (SRAs) são concebidos como unidades fechadas de circulação forçada da água através de múltiplos componentes, planejados para inativar os metabólitos e os outros resíduos deixados pelos organismos residentes, permitindo que esses organismos aproveitem o período de uso da água (KAZMIERCZAK e CAFFEY, 1995). A velocidade com a qual os sistemas realizam o processo de depuração da água, tão logo os metabólitos e resíduos são presenciados, tem sido usada como um preditivo da capacidade de suporte da biomassa, bem como do bem-estar da populações de organismos.

SRAs têm sido desenvolvidos, também, para responder ao aumento das restrições ambientais impostas por muitos países com limitados acesso à terra e água (MARTINS et al., 2010). Esses sistemas oferecem vantagens em termos de reduzir o consumo de água (VERDEGEM et al., 2006), oportunidade de melhoria no tratamento dos resíduos da aquicultura e reciclagem de nutrientes (PIEDRAHITA, 2003), e aperfeiçoar o controle da poluição biológica por evasão de peixes no ambiente (ZOHAR et al., 2005) e das doenças (SUMMERFELT et al., 2009; TAL et al., 2009) e. Aquiculturas baseadas nesses sistemas são geralmente referidas como fechada ou urbana, refletindo sua independência da superfície aquática e a operacionalidade de unidades produtoras de alimentos de água doce ou marinhos nas proximidades do mercado consumidor (MASSER et al., 1999; SCHNEIDER et al., 2010),

reduzindo consideravelmente os custos financeiros e ambientais (emissão de gás carbônico) associados ao transporte para distribuição da produção e importação de produtos.

Como os SRAs têm se mostrado mais eficientes que os sistemas tradicionais para controlar a pressão das variáveis ambientais, eles têm sido os preferidos para os estudos dos componentes ambientais, principalmente do fotoperíodo sobre o crescimento e a reprodução, cujos comportamentos são rítmicos na natureza e sincronizados pela alternância das fases de claro e escuro do dia (BOEUF e FALCON, 2001; MIGAUD et al., 2010). Se nos sistemas tradicionais de reprodução, os efeitos da variação da luz natural sobre os peixes são difíceis de serem identificados, em instalações de recirculação os experimentos podem ser propostos para explorar e determinar o papel da luz em cada fase do desenvolvimento maturacional.

A luz compreende um complexo de fatores externos ao corpo hídrico, incluindo espectro de cores, intensidade e fotoperíodo (BOEUF e Le BAIL, 1999). Características da luz são muito específicas em um ambiente aquático e é extremamente variável na natureza. A receptividade dos peixes à luz muda profundamente de acordo com a espécie e o estado de desenvolvimento. Com respeito à reprodução, a literatura sugere que a sincronia maturacional entre os indivíduos e o alinhamento do ciclo reprodutivo com estações fixas no ano são organizados em torno da biossíntese da melatonina e de neurotransmissores (FALCÓN et al., 2011). Os padrões rítmicos de secreção dessas moléculas no sangue e no fluído cérebro-espinhal expressam a transdução química endógena da informação fótica, detectada nos sítios fotosensitivos presentes nos olhos, glândula pineal e outras regiões profundas do cérebro (HERRERA-PÉREZ et al., 2011). A combinação da melatonina e dos neurotransmissores com seus receptores em áreas do hipotálamo e da hipófise, tem o efeito de iniciar a cascata de sinalizadores celulares que moldam a intensidade com a qual os eventos maturacionais se sucedem, como é identificável nos indivíduos recrutados para a reprodução. A intensidade da síntese de melatonina e neurotransmissores é dependente da qualidade física do sinal fótico, de modo que quaisquer alterações em seus componentes podem virtualmente reposicionar ou inibir o calendário reprodutivo.

Manifestações de padrões endócrinos e gonadais consistentes com as respostas dos indivíduos aos estímulos fotoperiódicos têm sido identificadas, por exemplo, em *Gadus mohrua* (HANSEN et al., 2001); *Spaurus aurata* (KISSIL et al., 2001); *Dicentrarchus labrax* (MAÑANÓS et al., 1997; CARRILLO et al., 2010), *Perca fluviatilis* (ABDULFATAH et al., 2007), *Salmo salar* (BERRILL et al., 2003), *Pleuronectes platessa*, (MIGAUD et al., 2006), *Diplodus puntazzo* (PAPADAKI et al., 2008). Como respostas inesperadas em práticas de reprodução têm sido comuns no robalo-peva, como mencionado anteriormente, é interessante que novos estudos focalizem a reprodução sob a ótica da manipulação dos fatores ambientais.

1.5 Viabilidade econômica do robalo-peva

Existe um consenso aparentemente unânime no Brasil, dando credibilidade à hipótese de que a adoção de políticas públicas de incentivo à aquicultura pode fornecer muitos bens e serviços ambientais, que revertem em benefício econômico para a sociedade. No entanto, até o presente momento, as tentativas de empreendimentos comerciais das primeiras espécies de peixes marinhos, têm sido economicamente frustrantes. Apesar da ausência de estudos de caso, é presumível que o fracasso inicial tenha sido determinado pela inconsistência dos projetos em gerar economias de escala, principalmente na produção de ovos e larvas.

Em peixes, processos biológicos e comportamentais são considerados escala-dependentes, e os projetos de engenharia, procedimentos de gestão e parâmetros econômicos são ajustáveis de acordo com a escala de produção desejada (ALVAREZ-LAJONCHÈRE et al., 2007). No entanto, em discordância à suposição destes autores, a ampliação da produção, principalmente de ovos e larvas, não depende somente das dimensões das instalações, mas, sobretudo, das tecnologias usadas para controlar a qualidade dos ambientes de contenção (MORETTI et al., 1999; MARTINS et al., 2010)

Para o robalo-peva, as únicas informações econômicas disponibilizadas concernem pontualmente ao custo de rações manufaturadas com diferentes níveis protéicos no crescimento de juvenis em escala de laboratório (SOUZA et

al., 2011), o que indica a carência dos estudos de viabilidade econômica, nesta espécie.

Na última década, foi iniciado um programa de estudos com o robalo-peva, no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul (NPDLS), do Instituto de Pesca/APTA/SAA, Estado de São Paulo (BR), para explorar o potencial de um protótipo de sistema de reprodução em proporcionar economias de escala na produção de ovos e larvas. As instalações foram propostas para utilizar tecnologias de sistema de aquicultura de recirculação (SAR) e controle foto-térmico da reprodução. A proposta, além de significar um primeiro teste da habilidade do sistema no recrutamento maturacional de adultos, é consistente com os objetivos, deste estudo: 1) de desenvolver procedimentos para ampliar as estações de reprodução durante o ano e a consequente disponibilização de ovos e larvas; 2) modelar uma estratégia operacional de escalabilidade vertical da produção de ovos e larvas sem que esse incremento incorra em aumento mais que proporcional nos custos médios finais, premissa para o efeito de economias de escala (SRAFFA, 1989). Uma instalação similar a esse sistema já havia sido anteriormente desenhado para o robalo-peva para a determinação dos níveis máximos de suporte de biomassa (SANCHES et al., 2011).

Como um resultado da incipiência da indústria dos SRA, muita ênfase tem sido dada às pesquisas sobre os aspectos da engenharia e da condição biológica das espécies neles confinadas, em oposição à pouca atenção dada às análises combinando essas informações com o potencial econômico desses sistemas. A comercialização relativamente recente de SRAs, comparativamente aos sistemas tradicionais, sinaliza que, ao contrário destes, as análises da performance bioeconômica das novas tecnologias de reuso da água ainda se acham em fase de avaliação para a vasta maioria das espécies. Por exemplo, na Austrália em 2001-2002, reportava-se que a produção da aquicultura usando SRA representava uma fatia de aproximadamente 1,2% do total. (LOVE e LANGENKAMP, 2003). Mesmo em países europeus, a contribuição dos SRAs ainda é considerada pequena frente a produção em sistemas alternativos de tanques-rede ou em viveiros escavados em terra (MARTINS et al., 2010).

REFERÊNCIAS

- ABDULFATAH, A.; FONTAINE, P.; MARIE, M. 2007 Effects of the photoperiodic and thermal kinetics on the induction of the reproduction cycle in the perch (*Perca fluviatilis*). In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REPRODUCTIVE PHYSIOLOGY OF FISH, 8TH. Saint-Malo, 3–8/jun./2007. Anais..., Saint-Malo: Société Française d'Ichtyologie. p. 203.
- ALVES JR., T.T.; CERQUEIRA, V.R.; BROWN, J.A. 2006 Early weaning of fat snook (*Centropomus parallelus* Poey 1864) larvae. *Aquaculture*, Amsterdam, 253: 334–342.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; CERQUEIRA, V.; SILVA, R.I.D; ARAÚJO, J.; REIS, M. 2002. Mass production of juveniles of the fat snook *Centropomus parallelus* in Brazil. *Journal of World Aquaculture Society*, Boca Raton, 33: 506-516.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; CERQUEIRA, V.R.; REIS, M. 2004 Desarrollo embrionario y primeros estadios larvales del robalo chucumite, *Centropomus parallelus* Poey Pisces, Centropomidae) con interés para su cultivo. *Hidrobiológica*, México, 12: 89-99.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L; REINA CAÑEZ, M.A.; CAMACHO HERNÁNDEZ, M.A.; KRAUL, S. 2007 Design of a pilot-scale tropical marine finfish hatchery for a research center at Mazatlán, Mexico. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, 36: 81-96.
- BERRILL, I.K.; PORTER, M.J.R.; SMART, A.; MITCHELL, D.; BROMAGE, N.R. 2003. Photoperiodic effects on precocious maturation, growth and smoltification in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, Amsterdam, 222: 239-252.
- BOEUF, G. e LE BAIL, P.-Y. 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture*, Amsterdam, 177: 129-152.
- BOUEF, G. e FALCON, J. 2001. Photoperiod and growth in fish. *Vie Milieu*, Paris, 51(4): 247-266.

- BROMAGE, N.; PORTER, M.; RANDAL, C. 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, Amsterdam, 197: 63-98.
- CARRILLO, M.; BEGTASHI, I.; RODRÍGUEZ, L.; MARIN, M.C.; ZANUY, S. 2010. Long photoperiod on sea cages delays timing of first spermiation and enhances growth in male European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, Amsterdam, 299: 157-164.
- CARVAJAL-ROJAS, J. 1972. Contribucional conocimiento dela biologia delas lagunas y rios de Campona y Buena Vista (Venezuela), especialmente del robalo *Centropomus parallelus* Poey. *Cuadernos Oceanográficos da Universidad del Oriente*, Cumaná, 3: 3-36.
- CHAVEZ, H. 1963. Contribucional conocimiento dela biologia de los robalos, chucumite y Constantino (*Centropomus* spp.) del Estado de Veracruz. *Ciencia*, México, 22(5): 141-161.
- CHEMINEAU, P.; MALPAUX, B.; BRILLARD, J.-P.; FOSTIER, A. 2009. Saisonnalité de la reproduction et de la production chez les poissons, oiseaux et mammifères d'élevage. *Inra Productions Animales*, Petit Bourg, 22 (2): 77-90.
- CLARK, L. e GRANT, J.W.A. 2010. Intrasexual competition and courtship in female and male *Japanese medaka*, *Oryzias latipes*: effects of operational sex ratio and density. *Animal Behaviour*, London, 80: 707-712.
- CONTRERAS-GARCIA, M. 2011. Inducción de la reproducción en *Centropomus undecimalis* y *Centropomus parallelus* bajo condiciones de cautiverio empleando inyecciones e implantes de GnRH-a. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 121p. Tese Doutorado.
- DUTKA-GIANELLI, J. 2010. Life history and ecology of the small scale fat snook, *Centropomus parallelus* (Centropomidae) in East Central Florida, and methodology to identify the regional snooks species. Melbourne. 213p. (Tese Doutorado. Flórida Institute of Tecnology). Disponível em: <<https://catalog.lib.fit.edu/Record/2081641>> Acesso em: 9 ago. 2010.

- FALCÓN, J.; MIGAUD , H.; MUÑOZ-CUETO, J.A.; CARRILLO, M. 2010 Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. *General and Comparative*, New York, 165: 469-482.
- FALCÓN, J.; BESSEAU, L.; MAGNANOU, E.; HERRERO, M.-J.; NAGAI, M.; BOEUF, G. 2011 Melatonin, the time keeper: biosynthesis and effects in fish. *Cybium*, Paris, 35(1): 3-18.
- FAO. 2007 Cultured Aquatic Species Information Programme *Lates calcarifer*. Fisheries Global Information System. Disponível em: <http://www.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Lates_calcarifer.xml&lang=en> Acesso em: 30 jun. 2008.
- FERRAZ, E.D.; CERQUEIRA, V.R.; ALAVAREZ-LAJONCHÉRE, L.; CÂNDIDO, S. 2002 Indução da indução da desova no robalo-peva, *Centropomus parallelus*, através de injeção e implante de LHRHa. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 28(2): 125-133.
- FREDRIKSSON, D.W.; TSUKROV, I.; HUDSON, P. 2008 Engineering investigation of design procedures for closed containment marine aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, 39: 91-102.
- GIRAUD, X.; LE QUÉRÉ, C.; CUNHA, L.C. da 2008 Importance of coastal nutrient supply for global ocean biogeochemistry, *Global Biogeochemistry Cycles*, Washington, 22, GB 2025, doi: 10.1029/2006GB002717. Disponível em: <<http://www.agu.org/journals/gb/2000.shtml>> Acesso em: 30 set. 2009.
- GODINHO H.M.; SERRALHEIRO, P.C.S.; FERRAZ, E.M.; PIMENTEL, C.M.M.; OLIVEIRA, I.R. 2000 Reprodução induzida em robalo *Centropomus parallelus* Poey, 1860. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, 37(1): 37-42.
- HANSEN T.; KARLSEN, O.; TARANGER, G.L.; HEMRE, G.I.; HOLM, J.C.; KJESBU, O.S. 2001 Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture*, Amsterdam, 203: 51-67.

- HERRERA-PÉREZ, P.; SERVILI, A.; RENDÓN, M.C.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F.J.; FALCÓN, J.; MÚÑOZ-CUETO, J.A. 2011 The pineal complex of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). I. Histological, immunohistochemical and qPCR study. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, New York, 41(3): 170-80.
- HUGUENIN, J.E. 1975 Development of a marine aquaculture research complex. *Aquaculture*, Amsterdam, 5: 135–150.
- KAZMIERCZAK JR., R.F. E CAFFEY, R.H. 1995 Management ability and the economics of recirculating aquaculture production systems. *Marine Resource Economics*, New York, 10: 187-209.
- KISSIL, G.W.; LUPATSCH I.; ELIZUR A.; ZOHAR, Y. 2001 Long photo-period delayed spawning and resulting increased somatic growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, Amsterdam, 200: 363-379.
- ITAGAKI, M.K. 2005 Potencial de recrutamento de larvas e juvenis de robalo-peva, *Centropomus parallelus* (Centropomidae), no complexo lagunar-estuarino, São Paulo, Brasil. São Paulo. 185p. (Tese de Doutorado. Instituto de Oceanografia Universidade de São Paulo).
- JONES, I.S.F. 2011 Contrasting micro- and macro-nutrient nourishment of the ocean. *Marine Ecology Progress Series*, Oldendorf, 425: 281–296.
- LEMO, D.; NETTO, B.; GERMANO, A. 2006 Energy budget of juvenile fat snook *Centropomus parallelus* fed live food. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, New York, 144: 33-40.
- LOVE, G. & LANGENKAMP, D. 2002 Import competitiveness of Australian aquaculture. Canberra: Australian Bureau of Agricultural Resource Economics. 43p.
- MAÑANÓS E.L.; ZANUY, S.; CARRILLO, M. 1997 Photoperiodic manipulations of the reproductive cycle in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and their effect on gonadal development, and plasma 17 β -estradiol and vitellogenin levels. *Fish Physiology and Biochemistry*, Amsterdam, 16: 211-222.

- MARTINS, C.I.M.; EDING, E.H.; VERDEGEM, M.C.J.; HEINSBROEK, L.T.N.; SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J.P.; ROQUE D'ORBCASTEL, E.; VERRETH, J.A.J. 2010 New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, Barking, 43(3): 83-93.
- MASSER, M.P.; RAKOCY, J.; LOSORDO, T.M. 1999 Recirculating aquaculture tank production systems: management of recirculating systems. Texas: *SRAC Publication*, 12p.
- MIGAUD, H.; DAVIE, A.; TAYLOR, J.F. 2010 Current knowledge on the photoneuroendocrine regulation of reproduction in temperate fish species. *Journal of Fish Biology*, London, 76: 27-68.
- MORETTI, A.; FERNANDEZ-CRIADO, M.P.; CITTOLIN, G.; GUIDASTRI, R. 1999 *Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Volume 1*. Roma: FAO. 194p.
- NAYLOR, R.L.; GOLDBURG, R.J.; PRIMAVERA, J.H.; KAUTSKY, N.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLAY, J.; FOLKE, C.; LUBCHENCO, J.; MOONEY, H.; TROELL, M. 2000 Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, London, 405: 1017-1024.
- OSTINI, S.; OLIVEIRA, I.R.; SERRALHEIRO, P.C.S.; SANCHES, E.G. 2007 Criação do robalo-peva (*Centropomus parallelus*) submetido a diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, 8(3): 250-257.
- PATRONA, L.D. 1984 Contribution a la biologie du robalo *Centropomus parallelus* (Pisces, Centropomidae du su-est du Bresil: possibilite aquacoles. Toulouse. 175p. (Tese de Doutorado). Sciences et Techniques en Production Animale, L'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- PAPADAKI, M.; PAPADOPOULOU, M.; SIGGELAKI, I.; MYLONAS, C. 2008 Egg and sperm production and quality of sharpnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) in captivity. *Aquaculture*, Amsterdam, 276: 187-197.

- PIEDRAHITA, R.H. 2003 Reducing the Potential Environmental Impact of Tank Aquaculture Effluents through Intensification and Recirculation. *Aquaculture*, Amsterdam, 226: 35-44.
- PRODOCIMO, V.; TSHA, M.K.; PIE, M.R.; OLIVEIRA-NETO, J.F.; OSTRENSKY, A.; BEGER, W.A. 2008 Lack of genetic differentiation in the fat snook *Centropomus parallelus* (Teleostei: Centropomidae) along the Brazilian coast. *Journal of Fish Biology*, London, 73: 2075–2082.
- REIS, M.A. e CERQUEIRA, V.R. 2003 Indução de desova do robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey 1860, com diferentes doses de LHRHa. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, Maringá, 25(1): 53-59.
- RIVAS, L.R. 1986 Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, New York, 3: 579-611.
- ROSS, L.G. e BEVERIDGE, M.C.M. 1995 Is a better strategy necessary for development of native species or aquaculture? A Mexican case study. *Aquaculture Research*, Oxford, 26: 539-547.
- SANCHES, E.G., OLIVEIRA, I.R.; SERRALHEIRO, P.C.S.; OSTINI, S. 2011 Cultivo do robalo-peva, *Centropomus parallelus*, em sistema de recirculação marinho. *Arquivos de Ciências Marinhas*, Fortaleza, 44(1): 40-46.
- SÁNCHEZ-MORALES, F.; MERINO-CONTRERAS, M.L.; OCAMPO-CERVANTES, J. A.; COTO-LEAL, S. 2009 Evidences of protandric hermaphroditism in fat snook (Chucumite) *Centropomus parallelus* (Pisces: Centropomidae) in Boca Del Rio Mandiga Lagoon system, Veracruz, México. In: Book of Abstracts, PROCEEDINGS OF THE ANNUAL ABALONE AQUACULTURE WORKSHOP, 6TH, Veracruz, 25-29/set./2009. Anais... Veracruz: World Aquaculture Society. p.63.
- SCHIPP, G.; BOSMANS, J.; HUMPHREY, J. 2007 *Barramundi farming handbook*. Australia: Department of Primary Industry, Fisheries and Mines. 71p. (disponível em <<http://www.fisheries.nt.gov.au>> Acesso em: 25 ago. 2008).

- SCHRECK, C.B. 2010 Stress and fish reproduction: the roles of allostasis and hormesis. *General Comparative Endocrinology*, Orlando, 165: 549-556.
- SCHNEIDER, O.; SCHRAM, E.; POELMAN, M.; ROTHUIS, A.; VAN DUIJN, A.; VAN DER MHEEN, H. 2010 Practices in managing finfish aquaculture using ras technologies, the dutch example. OECD workshop on Advancing the Aquaculture Agenda, Paris, France, OECD. In: Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C.J., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.P., Rogue d'Orbcastel E., and Verreth J.A.J. (2010): New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, 43(3): 83-93.
- SOUZA, J.H.; FRACALOSSO, D.M.; GARCIA, A.S.; RIBEIRO, F.F.; TSUZUKI, M.Y. 2011 Desempenho zootécnico e econômico de juvenis de robalo-peva alimentados com dietas contendo diferentes concentrações proteicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 46(2): 190-195.
- SRAFFA, P. 1989 Relações entre Custo e Quantidade Produzida. Trad. José Walter Martínez. Serie: Economia e Planejamento. São Paulo: Hucitec/UNICAMP. 88p.
- SUMMERFELT, S.T.; SHARRER, M.J.; TSUKUDA, S.M.; GEARHEART, M. 2009 Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation. *Aquacultural Engineering*, Amsterdam, 40: 17-27.
- TAL, Y.; SCHREIER, H.J.; SOWERS, K.R.; STUBBLEFIELD, J.D.; PLACE, A.R.; ZOHAR, Y. 2009 Environmentally sustainable land-based marine aquaculture. *Aquaculture*, Amsterdam, 286: 28-35.
- TAYLOR, R.G.; WHITTINGTON, J.A.; GRIER, H.J.; CRABTREE, R.E. 2000 Age, growth, maturation, and protandric sex reversal in common snook, *Centropomus undecimalis*, from the east and west coasts of South Florida. *US National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin*, Seattle, 98:612-624.

- TIBA, R. M.; OLIVEIRA, I.D.; SERRALHEIRO, P.C.S.; OSTINI, S. 2009 Diluentes e proporções sêmen:diluyente na crioconservação do sêmen do robalo-peva *Centropomus parallelus*. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 35(1): 99-110.
- VERDEGEM, M.C.J.; BOSMA, R.H.; VERRETH, J.A.J. 2006 Reducing water use for animal production through aquaculture. *International Journal of Water Resources Development*, London, 22: 101-113.
- ZOHAR, Y.; TAL, Y.; SCHREIER, H.J.; STEVEN, C.; STUBBLEFIELD, J.; PLACE, A. 2005 Commercially feasible urban recirculated aquaculture: addressing the marine sector. In, COSTA-PIERCE, B. *Urban Aquaculture*. Cambridge: CABI Publishing. pp. 159-171.
- WALLACE, D.W.R; LAW, C.S.; BOYD, P.W.; COLLOS,Y.; CROOT, P.; DENMAN, K.; LAM, J.; RIEBESELL, U.; TAKEDA, S. WILLIAMSON, P. 2010 *Ocean Fertilization, a scientific summary for policy makers*. Paris, IOC/UNESCO. p.17.
- WHITE, A.; BJÖRKMAN, K.; GRABOWSKI, E.; LETELIER, R.; POULOS, S.; ATKINS, B.; KARL, D. An open ocean trial of controlled upwelling using wave pump technology. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Boston, 27: 385-396.

2. APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS

Visando facilitar a publicação dos resultados obtidos, após a incorporação das sugestões que serão feitas pela banca, foram elaborados dois artigos científicos seguindo as normas de publicação das revistas a que serão submetidos, sendo aqui apresentados na forma de capítulos.

Capítulo 1:

Manipulação fotoperiódica do ciclo reprodutivo do robalo-peva *Centropomus parallelus* em uma incubadora de sistema de recirculação. (Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, BR).

Capítulo 2:

Bioeconomia de um sistema de recirculação na produção de ovos do robalo-peva *Centropomus parallelus*. (Aquaculture, Amsterdam, PB).

CAPÍTULO 1

MANIPULAÇÃO FOTOPERIÓDICA DO CICLO REPRODUTIVO DO ROBALO-PEVA *CENTROPOMUS PARALLELUS*

MANIPULAÇÃO FOTOPERIÓDICA DO CICLO REPRODUTIVO EM ROBALO-PEVA *CENTROPOMUS PARALLELUS*

Pedro Carlos da Silva Serralheiro⁽¹⁾, Idili da Rocha Oliveira⁽¹⁾ e Marcelo Barbosa Henriques⁽²⁾

⁽¹⁾Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte, Instituto de Pesca da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Estrada Professor Joaquim Lauro Monte Claro, 2.275, Ubatuba/SP CEP:11680-000. E mail: carlos@pesca.sp.gov.br, idili@pesca.sp.gov.br. ⁽²⁾Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Marinho, Instituto de Pesca, Santos Avenida Bartolomeu de Gusmão, 192, Santos/SP. CEP:11030-906 E-mail: henriquesmb@pesca.sp.gov.br.

Resumo

Grupos de fêmeas de robalo-peva, *Centropomus parallelus*, no início da primeira maturação gonadal, foram expostos por 27 meses consecutivos (novembro/2005-janeiro/2008), junto com machos, em uma incubadora de recirculação, em cada um dos regimes de fotoperíodo constante de 15F:9E (fotofase:escotofase) e 9F:15E. Em ambos os grupos, intensidade (500 lux) e espectro ($\lambda = 310-890$ nm) da luz ambiente, temperatura ($28 \pm 0,5$ C) e salinidade (33 ± 1 ppm) da água foram mantidas constantes. As fêmeas foram examinadas quanto ao crescimento do peso corporal, tamanho e período de oócito com máximo diâmetro e quanto ao desempenho reprodutivo ao estímulo subsequente do hCG. Respostas diferenciadas foram correlacionadas com os fotoperíodos. O peso final individual (média \pm dp) dos peixes do grupo 15F:9E (2116,88 g \pm 181,05) foi significativamente menor ($p > 0,05$) que 9F:15E (2615,00 g \pm 201,05). No grupo (15F:9E), a maturação gonadal começou após um ano, na primavera, e a frequência dos ciclos reprodutivos foi anual. No regime com fotofase comprimida

(9F:15E) a maturação foi adiantada em seis meses com relação à fotofase estendida (15F:9E) e a frequência dos ciclos foi semestral. O tamanho máximo do oócito (aproximadamente 400 µm) e o período (ao redor de 90 dias) foram semelhantes para todas as fêmeas, estimuladas ou não com o hCG. As diferenças nas taxas de resposta das fêmeas à indução hormonal, fecundação e eclosão, e fecundidade relativa não foram significativas dentro e entre os grupos ($p > 0,05$). Os resultados, deste estudo, fornecem as primeiras evidências de que o fotoperíodo tem um papel importante na maturação sazonal no robalo-peva, levando as fêmeas a se reproduzirem intensamente mesmo em épocas menos favoráveis na natureza.

Termos para indexação: Aquicultura de recirculação; *Centropomus parallelus*; Reprodução; Fotoperíodo.

Abstract

Groups of fat snook (*Centropomus parallelus*) females at the beginning first gonadal maturation were exposed for 27 consecutive months (November/2005-January/2008) together with males in aquaculture recirculating tanks in each of the regimes of photoperiod constant 15P: 9S (photophase: scotophase) and 9P:15S. In both groups, intensity (500 lux) and spectrum ($\lambda = 310-890$ nm) of the ambient light, temperature (28 ± 0.5 C) and salinity (33 ± 1 ppm) of water were kept constant. Females were examined for weight growth body size and period of oocyte diameter and with maximum performance reproductive subsequent to GCh stimulation of. Differential responses were correlated with photoperiods. The final individual weight (mean \pm SD) in group 15F:9E (2116.88 ± 181.05 g) was significantly lower ($p > 0.05$) to 9P:15S (2615.00 g \pm 201.05). In group 15F:9E, gonad maturation began after a year in the spring, and frequency of annual reproductive cycle was. In the regime with compressed photophase (9P:15S) to maturation was advanced in six months with respect to extended photoperiod (15P:9S) and frequency of cycles was six months. The maximum size of the oocyte (approximately 400 μ m) and the period (about 90 days) was similar for all females, stimulated or not with GCh. The differences in response rates of females to hormonal induction, fertilization and hatching, and relative fecundity were not significant within and between groups ($P > 0.05$). The results of this study provides the first evidence that photoperiod per se plays an important role in the maturation seasonal fat snook, leading to females reproduce intensely even during less favorable in nature.

Index terms: Recirculating aquaculture; *Centropomus parallelus*; Reproduction; Photoperiod.

Introdução

A sincronia entre ritmicidade reprodutiva e fotoperiodismo em peixes é conveniente para a aquicultura, em particular, porque permite combinar o ritmo endógeno dos processos maturacionais com a direção do sinal fótico, de modo a deslocar a atividade reprodutiva para épocas mais propícias economicamente. Em algumas espécies, os intervalos entre os ciclos maturacionais têm sido reduzidos ou ampliados pela manipulação do fotoperíodo (Bromage et al., 2001; Wang et al., 2010; Falcón et al., 2011). Além do fotoperíodo, não se descarta a ação da intensidade luminosa e da temperatura na temporização da reprodução.

O robalo-peva, *Centropomus parallelus*, é uma espécie eurihalina hermafrodita protândrica, amplamente distribuída por zonas tropicais e subtropicais do Atlântico Ocidental do continente americano, do estado da Flórida, USA, ao estado de Santa Catarina, Brasil (Rivas, 1986; Dutka-Gianelli, 2010). Estudos moleculares com esta espécie não encontraram diferenças genéticas entre as populações que ocorrem ao longo da costa brasileira (Prodocimo et al., 2008), sugerindo uma elevada capacidade de adaptação aos vários tipos de ambientes. Na região sudeste do Brasil, área deste estudo, foi sugerido que a atividade reprodutiva ocorre com maiores intensidades na primavera e verão, entre os meses de setembro a março (Itagaki, 2005).

Estudos sobre controle da reprodução, criação de larvas, desenvolvimento e metamorfose de larvas (Ferraz et al., 2002; Alvarez-Lajonchère et al., 2002; Alves et al., 2006), demanda nutricional (Lemos et al., 2006), crescimento (Ostini et al., 2007; Sanches et al., 2011) e criopreservação de sêmen (Tiba et al., 2009), fornecem informações importantes sobre a performance desta espécie em cativeiro. Com relação à reprodução, poucos estudos têm sido conduzidos sobre o controle da periodicidade dos

ciclos de desova, um fator crítico para a produção de juvenis de robalo-peva em bases econômicas. Estudos prévios, no entanto, sugerem o uso do fotoperíodo no controle da reprodução em cativeiro (Reis e Cerqueira, 2003).

Neste estudo, o crescimento em peso corporal, o desenvolvimento maturacional das gônadas e o sucesso da reprodução foram utilizados para determinar o efeito do fotoperíodo na performance da robalo-peva criados em sistema de recirculação de água. Recorreu-se a uma abordagem experimental, na qual temperatura, salinidade e intensidade da luz foram propostas para não variarem, evitando-se o potencial dessas variáveis no mascaramento do estímulo fotoperiódico. Embora, são comuns estudos que usam protocolos fototérmicos (Wang et al., 2010), mudanças na temperatura do meio têm sido sugeridas com potencial de afetar a cinética das enzimas responsáveis pela síntese da melatonina em peixes, molécula responsável pela temporização dos eventos maturacionais (Falcón et al., 2011). Ademais, influência da condição termal na temporização do ciclo reprodutiva foi registrada em fêmeas de perca, *Perca fluviatilis*, (Migaud et al., 2002), mantidas sob condição constante de fotoperíodo.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul (NPDL) do Instituto de Pesca/APTA/SAA, Cananéia, SP, Brasil (25°00'S, 47° 55'O), entre novembro/2006 a janeiro/2009.

Os reprodutores (idade de 1 ano), provenientes de estoques comerciais criados em tanques-rede no estuário de Cananéia, foram distribuídos em 4 tanques de reprodução (6 m³) acoplados com coletores automáticos de ovos, todos conectados a um sistema de recirculação de água.

Uma triagem sexual por inspeção visual das biópsias por catéter intragonadal, realizada no início de novembro de 2006, selecionou os machos (N = 28) e as fêmeas (N = 28), que foram transferidos para o NPDLS. Todos foram pesados (machos $382,17 \pm 30,99$ g; fêmeas $685,15 \pm 91,90$ g) , e os pares, randomicamente formados, foram separados nos tanques de reprodução com salinidade, temperatura e fotoperíodo, respectivas de 6 ± 1 ppm, $27,5 \pm 0,5$ C e 13F:11E, valores arbitrados para serem próximos aos do local de origem. A intensidade da luz à superfície foi fixada em 500 lux, em similaridade à aplicada em rotinas do NDPLS. A iluminação foi fornecida por bulbos fluorescentes ($\lambda = 310-890$ nm) posicionados sobre cada tanque e controlado por relógios eletrônicos. Estes valores foram mantidos constantes durante a primeira semana.

Durante a segunda semana, dois tanques começaram a ser expostos a uma redução gradual da fotofase até que a relação entre fases se estabelecesse em 9F:15E (FC, fotofase comprimida) e, dois, a um incremento até atingir 15F:9E (FE, fotofase estendida (Figura 1), em similaridade aos padrões anuais respectivos do inverno e do verão para a região sudeste, segundo o Observatório Nacional do Brasil (disponível em: www.on.br). Os tratamentos foram duplicados nos tanques e permaneceram constantes durante os dois anos consecutivos deste estudo. A salinidade no sistema foi gradualmente incrementada até atingir 33 ± 1 ppm. A temperatura e a intensidade da luz iniciais foram mantidas inalteradas ($27,5 \pm 0,5$ C; 500 lux).

Para determinar diferenças entre os tratamentos foram examinados o peso corporal das fêmeas, diâmetro dos oócitos, período do ciclo reprodutivo, período entre os ciclos, fecundidade relativa e eclosão. O peso corporal total (g; sensibilidade de 0,001 g) foi amostrado mensalmente e serviu para ajustar as doses do hormônio hCG, usado para induzir a desova e estimar a fecundidade das fêmeas. O oócito foi

examinado a partir de tecido ovariano recolhido sucessivamente por biópsia com um cateter de polietileno (1 mm de diâmetro), sendo a primeira, realizada no início de novembro/2006, no local de origem dos reprodutores. As subsequentes, foram definidas de acordo com a sensibilidade dos dutos gonadais à introdução do cateter, de modo a evitar danos em sua integridade. Para avaliar o status maturacional, vinte oócitos escolhidos aleatoriamente foram medidos pelo seu diâmetro máximo, utilizando um estereomicroscópio com ocular micrométrica calibrada. O período de reprodução foi calculado como a soma dos dias, durante o período experimental, nos quais os oócitos amostrados acusaram diâmetro médio $\geq 380 \mu\text{m}$. Este critério foi estabelecido porque fêmeas exibindo padrão similar de diâmetro de oócitos têm se mostrado sensíveis a protocolos de indução com o hCG (Godinho et al., 2000), adotados neste estudo. Ademais, oócitos de fêmeas criadas no cativeiro dificilmente evoluem acima dos 410-415 μm (Ferraz et al., 2002; Reis e Cerqueira, 2003). O cálculo do intervalo entre os períodos reprodutivos foi feito somando-se os dias em que as amostras foram negativas para oócitos ou acusaram diâmetros em classes bastante inferiores ao limite mínimo de 380 μm .

Ao início de cada estação reprodutiva, fêmeas apresentando oócitos com diâmetro máximo $> 380 \mu\text{m}$, foram estimuladas a se reproduzirem com sucesso em duas ocasiões consecutivas, em intervalos de 20 dias. Oito fêmeas por tratamento fotoperiódico foram injetadas com hCG (2 UI/g-1; via intramuscular), juntamente com igual número de machos. Os demais casais (grupo controle) foram injetados com solução de cloreto de sódio (0,9%) e não responderam à reprodução. Os ovos (fecundados e mortos) e oócitos, drenados passivamente para bolsas instaladas nos coletores e drenos dos tanques, foram misturados e analisados para estimação da fecundação. A fecundidade relativa foi calculada pela soma destes dividida pelo peso

total das fêmeas induzidas. A taxa da fecundação foi determinada pela contagem dos ovos com 4 ou 8 blastômeros, em amostras randômicas de células ($n = 200$), em triplicata. A taxa de eclosão foi calculada pelo número de embriões viáveis dividido pelo total dos ovos fecundados. O pH, o oxigênio e a amônia foram monitorados e os níveis permaneceram aceitáveis para o robalo-peva.

Análise dos dados

O teste t de Student aplicado aos parâmetros das fêmeas dentro dos grupos fotoperiódicos não detectou diferenças significativas entre os ambientes dos tanques condicionadores (duplicatas), portanto, os dados foram misturados. Diferenças no peso corporal, diâmetro do oócito, fecundidade relativa e eclosão, dentro e entre os grupos, foram determinadas através de uma análise de variância unifatorial. Dados em porcentagem foram transformados para valores de arco-seno e submetidos a uma análise de variância unifatorial. O nível de significância foi de 5% (Zar, 1999).

Resultados e Discussão

Durante o período experimental, não foram observadas mortalidade ou alterações na proporção entre os sexos, assim como, nos padrões de iluminação, salinidade e temperatura, capazes de provocar efeitos aleatórios nos eventos maturacionais. A aquisição do peso das fêmeas foi de 600 g para 2615,0 g ou 2116,88 g para os grupos FC e FE, respectivamente (Figura 2). Dentro de cada grupo, diferenças significativas ($p < 0,05$) começaram a ser detectadas aos 30 dias. Neste período, também, divergências significativas ($p < 0,05$) na tendência ascendente do crescimento passaram a ser detectadas entre os grupos. O peso médio de $883,01 \pm 54,21$ g, nos peixes em FC foi maior ($p = 0,2044$) do que a média nos de $598,09 \pm 63,01$ g, nos peixes em FE. A tendência de um maior crescimento do grupo FC, relativamente ao grupo FE,

persistiu até o final do experimento ($p = 0,082$). O ganho maior do peso corporal para as fêmeas sob FC foi consistente com a maior quantidade de ração consumida durante o período experimental (superior em proximadamente 30% comparativamente ao outro grupo). Estes resultados apoiam a hipótese de que existe um tamanho crítico no qual a decisão de maturação permanece plástica e sensível à qualidade do sinal fotoperiódico (Skilbrei e Heino, 2011).

É razoável supor que a condição FC teve um papel permissivo no reposicionamento do calendário e ampliação da atividade sexual e que isto só foi consumado, quando o tamanho ou o status energético das fêmeas, também, o permitiram. A esse respeito alguns estudos têm concluído que tamanho ou status energético têm papel permissivo no desenvolvimento reprodutivo (Bromage et al., 2001). Em contraste, nas fêmeas de bacalhau do Atlântico *Gadus mohrua* sob regime fotoperiódico 6L:18D, que adiantaram o período de desova em um mês, o peso e o apetite foram significativamente menores, comparativamente às fêmeas expostas ao fotoperíodo 18F:6E (Skjæraasen et al., 2004). No entanto, os tratamentos foram interrompidos aos cinco e aos seis meses, respectivamente, após a manifestação do primeiro ciclo reprodutivo, prejudicando uma análise da trajetória temporal dessas variáveis.

O desenvolvimento gonadal também revelou-se significativamente diferente ($p < 0,05$) para ambos os grupos fotoperiódicos (Figura 3). A não ocorrência de oócitos em determinados períodos de amostragem não foi atribuído, neste estudo, a ausência de células e sim a limitação da técnica de biópsia por canulação. Como indicado pelo crescimento rápido do oócito, a maturação foi iniciada durante abril ou outubro, no primeiro ano em cativeiro (2007), para os grupos de FC e FE, respectivamente, com picos de tamanho máximo de oócito persistindo por três meses. Apesar do deslocamento

da maturação, nenhuma diferença ($p > 0,05$) foi detectada entre os diâmetros mínimos (288 e 289 μm) ($p = 0,243$) e os máximos (399, 413 e 397 μm ; 408, 402 e 389 μm) ($p = 0,222$), respectivamente, para FC e FE. A amplitude entre os períodos de recrudescimento gonadal mostrou-se diferente entre as fêmeas dos tratamentos ($p < 0,05$). Enquanto no grupo FC, um segundo período de recrudescimento gonadal foi detectado seis meses após a primeira maturação, em outubro (em coincidência com o início da primeira maturação do grupo FE), nos peixes do grupo FE um novo ciclo foi evidenciado para começar mais tarde, após doze meses, em outubro do ano seguinte (2008).

No presente estudo, o desenvolvimento de oócitos nas fêmeas no grupo FC começou mais cedo do que nas fêmeas no grupo FE, e o tempo necessário para que estes oócitos atingissem o diâmetro máximo foi reduzido. Isto sugere que o sinal fótico não somente sensibiliza o tempo de iniciação do desenvolvimento do oócito mas a quantidade de oócitos produzidos. O mesmo tratamento fotoperiódico (9F:15E) foi responsável por antecipar a reprodução no robalo-europeu, *Dicentrarchus labrax* (Mañanós et al., 1997) e linguado *Solea senegalensis* (Oliveira et al., 2011). Adiantamentos na maturação no robalo-peva também coincidiu com outras espécies em outros padrões de compressão de fotofase, por exemplo, no bacalhau do Atlântico, *Gadus mohrua* (Penney et al., 2006), perca *Perca fluviatilis* (Abdulfatah et al., 2008), truta *Salmo irideus* (Bromage, 2002) e vermelho *Lutjanus argentiventris* (Guerrero-Tortolero et al., 2010). Como, nesses estudos, a temperatura foi proposta para variar em conjunto com o fotoperíodo durante o processo de desenvolvimento gonadal, não se descarta uma presumível influência desta variável nos resultados obtidos para os desempenhos maturacionais.

O período de permanência de oócito com máximo diâmetro (proposto para delimitar o tamanho das estações reprodutivas) no robalo-peva não mostrou proporcionalidade com o tamanho da fotofase, entre os grupos, contrastando com a situação das fêmeas de *Latris lineata* (Morehead et al., 2000). Isto sugere que a compressão da fotofase, apesar de contrair o período entre os ciclos reprodutivos, não resulta no comprometimento da sua duração. De forma semelhante, o tamanho do oócitos não foi adversamente afetado pela compressão do fotoperíodo, em contraste com *Latris lineata* (Morehead et al., 2000) e *Gadus morhua* (Penney et al., 2006). O tamanho do período reprodutivo, determinado pelo período de tamanho máximo de oócito, foi semelhante para todas as fêmeas, induzidas ou não à reprodução. Isto sugere que a intervenção exógena hormonal ao nível gonadal não inibe a preponderância do sinal fótico no arrastamento normal dos eventos gonadais. Como tal, terapias ocasionais com hCG podem ser uma maneira prática para ajustar o calendário dos ciclos de produção de ovos durante a estação reprodutiva. Em estudos anteriores (Godinho et al., 2000) usando fêmeas selvagens as terapias hormonais exógenas somente foram bem-sucedidas quando aplicadas logo após a captura.

A disparidade na frequência do recrutamento gonadal não interferiu no desenvolvimento dos oócitos entre os grupos de fêmeas. O início do período apto para indução da reprodução foi identificado primeiro no grupo FC, em claro contraste com o grupo FE. As respostas diferenciadas foram atribuídas, neste estudo, à sensibilidade das fêmeas para identificar a intensidade e o contraste do sinal fótico recebido. Respostas similares foram relatadas no robalo-europeu *Dicentrarchus labrax* (Mañanós et al., 1997) e no bacalhau do Atlântico, *Gadus morhua* (Penney et al., 2006). Por outro lado, o resultado obtido no grupo FC coincidiu com estudos prévios no robalo-peva expostos à uma condição fotoperiódica semelhante (Reis e Cerqueira 2003). Isto sugere que o

robalo-peva, necessita de um período de dormência entre os ciclos de recrudescimento gonadal, cujo tamanho não é obrigatório.

Estudos anteriores com fotoperíodo conduzidos com o robalo-peva mostraram, que fêmeas expostas sob regime constante de 16F:8E, permaneceram aptas para a desova por um período de até três meses (Reis e Cerqueira, 2003). Nesse estudo, entretanto, como o fotoperíodo foi aplicado em conjunto com a variação da temperatura e da intensidade luminosa, não ficou claro se o ciclo reprodutivo exibido pelas fêmeas refletiu a periodicidade do ritmo circadiano do fotoperíodo ou simplesmente um efeito colateral das outras variáveis presentes durante o experimento. Ademais, como o período de observação resumiu-se a um único ciclo, fica difícil assumir que o padrão do ciclo foi em consequência de uma manifestação típica de um ritmo endógeno arrastado pelo sinal fótico (Bromage et al., 2001).

O status maturacional das fêmeas antes do início do condicionamento aos regimes fotoperiódicos, interpretado pelo padrão do diâmetro apresentado pelos oócitos, foi definido como em puberdade. Uma importante involução no processo maturacional, notada pela ausência de células nas biópsias realizadas ao final do primeiro mês, foi atribuída à transição brusca de tipo de ambientes de confinamento (tanques-rede para sistema de recirculação), manipulação, transporte ou, também, a velocidade com a qual as mudanças de fases do fotoperíodo foram introduzidas durante a fase de adaptação. Esta adversidade pode ser explanada pela alta sensibilidade endócrina do robalo-peva durante as transições de fases do desenvolvimento maturacional. Situações similares, de modo dependente da fase maturacional, têm sido reportadas em muitas espécies, por conta da amplitude da pressão dos fatores citados sobre o status homeostático (Schreck, 2010).

Nas fêmeas que foram propostas para a reprodução não foi detectado nenhum efeito significativo ($p > 0,05$) da desova para o tamanho do diâmetro máximo, período de persistência dos oócitos com diâmetro máximo e frequência de repetição dos ciclos de maturação.

Conclusões

1. Regimes de fotoperíodo são úteis para controlar a periodicidade dos ciclos de maturação gonadal em fêmeas de robalo-peva mantidas no cativeiro.
2. Para ampliar os ciclos de produção de ovos no robalo-peva, o fotoperíodo 15P:9E (fotofase:escotofase), em sistema de recirculação de água, proporciona o melhor desempenho produtivo.

REFERÊNCIAS

- ABDULFATAH A.; FONTAINE, P.; MARIE, M. 2008 Effects of photo-thermal kinetic, photoperiod amplitude and duration on the rate of out-of-season spawning and egg fertilization in Eurasian perch *Perca fluviatilis*. In: PERCID FISH CULTURE: FROM RESEARCH TO PRODUCTION. Namur, 23-24/Jan./2008. Anais... Namur: Namur University Press. p. 92-93.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; CERQUEIRA, V.R.; SILVA, I.D.; ARAÚJO, J.; REIS, M. 2002. Mass production of juveniles of the fat snook *Centropomus parallelus* in Brazil. *Journal of World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 33: 506–516.
- ALVES, T.T.; CERQUEIRA, V.R.; BROWN, J.A. 2006 Early weaning of fat snook (*Centropomus parallelus* Poey 1864) larvae. *Aquaculture*, Amsterdam, 253: 334–342.
- BROMAGE, N.; PORTER, M.; RANDALL, C. 2001 The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, Amsterdam, 197: 63–98.
- BROMAGE, N.D.B. 2002 The effects of fluctuating seasonal and constant water temperatures on the photoperiodic advancement of reproduction in female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, Amsterdam, 205: 183–200.
- DUTKA-GIANELLI, J. 2010. Life history and ecology of the small scale fat snook, *Centropomus parallelus* (Centropomidae) in East Central Florida, and methodology to identify the regional snooks species. Melbourne. 213p. (Tese Doutorado. Flórida Institute of Tecnology). Disponível em: <<https://catalog.lib.fit.edu/Record/2081641>> Acesso em: 9 ago. 2010.
- FERRAZ, E.D.; CERQUEIRA, V.R.; ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; CÂNDIDO, S. 2002 Indução da desova no robalo-peva, *Centropomus parallelus*, através de injeção e implante de LHRHa. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 28(2): 125-133.
- FALCÓN, J., BESSEAU, L.; MAGNANOU, E HERRERO, .; M.-J.; NAGAI, M.; BOEUF, G. 2011 Melatonin, the time keeper: biosynthesis and effects in fish. *Cybium*, Paris, 35(1): 3-18.
- GODINHO H.M., SERRALHEIRO, P.C.S.; FERRAZ, E.M.; PIMENTEL, C.M.M.; OLIVEIRA, I.R. 2000 Reprodução induzida em robalo *Centropomus parallelus* Poey, 1860. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, 37(1): 37-42.
- GUERRERO-TORTOLERO, D.A., CAMPOS-RAMOS, R.; BURGOS-ACEVES, M.A.; PÉREZ-URBIOLA, J.C.; COLADO-DURÁN, G. 2010 Effects of compressed seasonally changing day-length cycles on spawning performance, production of viable eggs and levels of vitellogenin in plasma in female yellowtail snapper *Lutjanus argentiventris*. *Journal of Fish Biology*, London, 77: 2285 –2297.

- ITAGAKI, M.K. 2005 Potencial de recrutamento de larvas e juvenis de robalo-peva, *Centropomus parallelus* (Centropomidae), no complexo lagunar-estuarino, São Paulo, Brasil. São Paulo. 185p. (Tese de Doutorado. Instituto de Oceanografia Universidade de São Paulo).
- LEMOS, D.; NETTO, B.; GERMANO, A. 2006. Energy budget of juvenile fat snook *Centropomus parallelus* fed live food. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, Amsterdam, 144: 33–40.
- MAÑANÓS, E.L.; ZANUY, S.; CARRILLO, M. 1997 Photoperiodic manipulations of the reproductive cycle in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and their effect on gonadal development, and plasma 17 β -estradiol and vitellogenin levels. *Fish Physiology and Biochemistry*, Amsterdam, 16: 211–222.
- MIGAUD, H.; FONTAINE, P.; SULISTYO, I.; KESTEMONT, P.; GARDEUR, J.-N. 2002 Induction of out-of-season spawning in Eurasian perch *Perca fluviatilis*: effects of rates of cooling and cooling durations on female gametogenesis and spawning. *Aquaculture*, Amsterdam, 205: 253–267.
- MOREHEAD, D.T.; RITAR, A.J.; PANKHURS, N.W. 2000 Effect of consecutive 9- or 12-month photothermal cycles and handling on sex steroid levels, oocyte development, and reproductive performance in female striped trumpeter *Latris lineata*. *Aquaculture*, Amsterdam, 189: 293–305.
- OLIVEIRA, C.; MAÑANÓS E.; RAMOS, J.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. 2011 Impact of photoperiod manipulation on day/night changes in melatonin, sex steroids and vitellogenin plasma levels and spawning rhythms in Senegal sole, *Solea senegalensis*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, Amsterdam, 159:291–295.
- OSTINI, S., OLIVEIRA, I.R.; SERRALHEIRO, P.C.S.; SANCHES, E.G. 2007 Criação do robalo-peva (*Centropomus parallelus*) submetido a diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Fortaleza, 8(3): 250-257.
- PENNEY, R.A.; USH, P.L.L.; WADE, A.J. 2006 Effect of photoperiod manipulation on broodstock spawning, fertilization success, and egg developmental abnormalities in Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Journal of the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 37: 273-281.
- PRODOCIMO, V.; TSCHÁ, M.K.; PIE, M.R.; OLIVEIRA-NETO, J.F.; OSTRENSKY, A.; BOEGER, W.A. 2008 Lack of genetic differentiation in the fat snook *Centropomus parallelus* (Teleostei: Centropomidae) along the Brazilian coast. *Journal of Fish Biology*, London, 73: 2075–2082.
- REIS, M.A. e CERQUEIRA, V.R. 2003 Indução de desova do robalo-peva *Centropomus parallelus* Poey 1860, com diferentes doses de LHRHa. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, 25 (1): 53-59.
- RIVAS, L.R. 1986 Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, New York 3:579–611.

- SCHRECK, C.B. 2010 Stress and fish reproduction: the roles of allostasis and hormesis. *General and Comparative Endocrinology*, New York, 165: 549–556.
- SKILBREI, O. T. and HEIN, M. 2011 Reduced daylength stimulates size-dependent precocious maturity in 0+ male Atlantic salmon parr. *Aquaculture*, Amsterdam, 311: 168–174.
- SKJÆRAASEN E.; SALVANES, A.G.V.; KARLSEN, Ø.; DAHLE, R.; NILSEN, T.; NORBERG, B. 2004 The effect of photoperiod on sexual maturation, appetite and growth in wild Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, Amsterdam, 30: 163-174.
- TIBA, R.M.; OLIVEIRA; I.D.; SERRALHEIRO, P.C.S.; OSTINI, S. 2009 Diluentes e proporções sêmen:diluyente na crioconservação do sêmen do robalo-peva *Centropomus parallelus*. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 35(1): 99-110.
- WANG, N.; TELETCHEA, F.; KESTEMONT, P.; MILLA, S.; FONTAINE, P. 2010 Photothermal control of the reproductive cycle in temperate fishes. *Reviews in Aquaculture*, Hoboken, 2: 209–222.
- ZAR, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall. 929p.

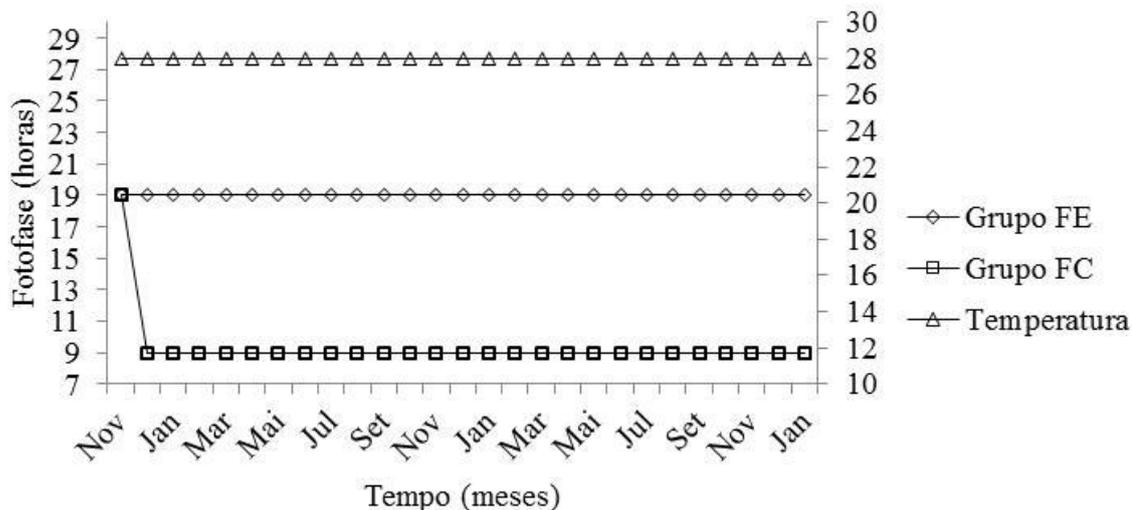


Figura 1. Desenho experimental para as amplitudes da fotofase (hora) e da temperature (C) da água simuladas na incubadora para o robalo-peva, durante 27 meses (novembro/2006 a janeiro/2009). FE (fotofase estendida), corresponde ao fotoperíodo 15F:9E (fotofase:escotofase) e FC (fotofase comprimida, para o fotoperíodo 9F:15E.

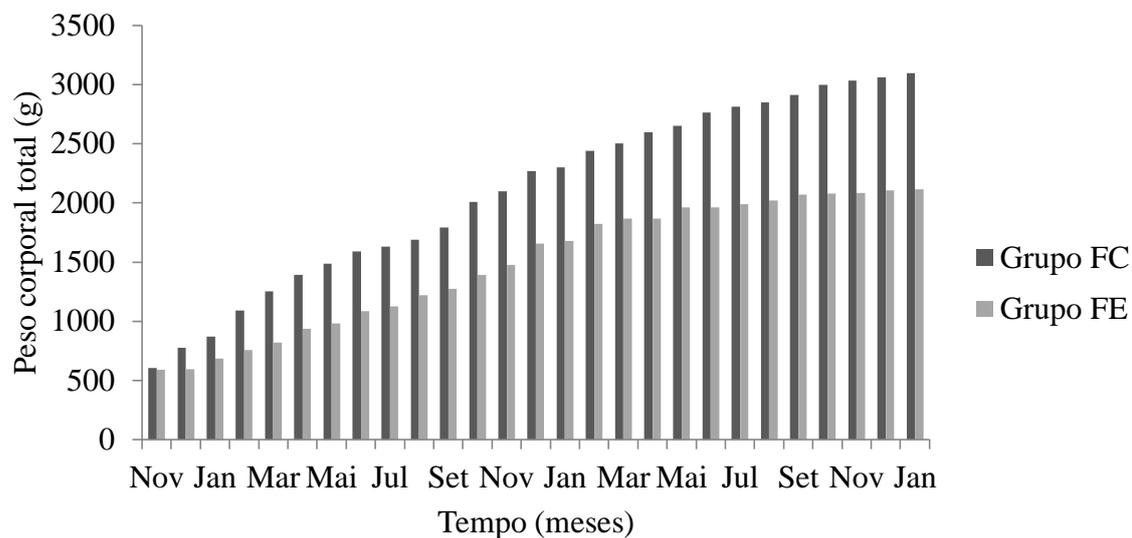


Figura 2. Representação esquemática das médias de crescimento corporal em peso individual para o robalo-peva, durante 27 meses (novembro/2006 a janeiro/2009). FE (fotofase estendida), corresponde ao fotoperíodo 15F:9E (fotofase:escotofase) e FC (fotofase comprimida), ao fotoperíodo 9F:15E.

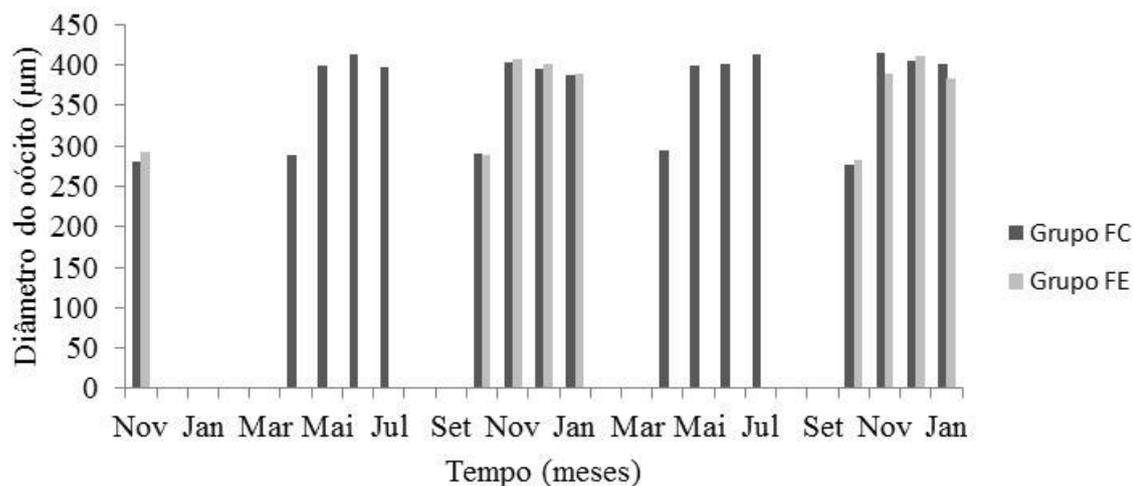


Figura 3. Representação esquemática das médias do diâmetro dos oócitos, durante 27 meses (novembro/2006 a janeiro/2009). FE (fotofase estendida), corresponde ao fotoperíodo 15F:9E (fotofase:escotofase) e FC (fotofase comprimida), ao fotoperíodo 9F:15E.

Tabela 1. Peso corporal e parâmetros maturacionais (n = 28) e reprodutivos (n = 16) de fêmeas de robalo-peva em fotoperíodos 15F:9E (fotofase:escotofase) e 9F:15E, durante 27 meses (novembro/2006 a janeiro/2009).

Parâmetros maturacionais e reprodutivos	Ciclo fotoperiódico	
	15F:9E	9F:15E
Peso corporal (g)	2085,29 (162,65) ^a	2542,98 (151,07) ^b
Diâmetro máximo de oócito (µm)	397,53 (10,15)	402,07 (7,81)
Período de oócito com máximo diâmetro (dias)	240 ^a	480 ^b
Tempo entre ciclos reprodutivos (dias)	410 ^a	600 ^b
Fêmeas maduras (%)	100	100
Sobrevivência fêmeas (%)	100	100
Fecundidade relativa ($\times 10^3$ oócitos Kg ⁻¹)	325,58	317,43
Fecundação (%)	98,99	97,71
Eclosão (%)	97,01	98,85
Larvas ($\times 10^3$ Kg ⁻¹)	315,84	313,78

^{a,b} Diferentes letras sobrescritas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas (p<0,05).

CAPÍTULO 2

BIOECONOMIA DE UM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO NA PRODUÇÃO DE OVOS DO ROBALO-PEVA *CENTROPOMUS PARALLELUS*

Bioeconomia de um Sistema de Recirculação para Produção de Ovos do Robalo-peva

Centropomus parallelus

Pedro Carlos da Silva Serralheiro, Idili da Rocha Oliveira, Eduardo Gomes Sanches,
Marcelo Carrão Castagnolli¹, Marcelo Barbosa Henriques

Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Norte, Instituto de Pesca da
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Ubatuba 11680,
Estado de São Paulo, Brasil

Resumo

Neste estudo, são apresentados os resultados de um modelo econômico desenvolvido para viabilizar a escala de produção de ovos do robalo-peva *Centropomus paralelus*. Os pressupostos dos ciclos de produção foram derivados dos dados coletados em 3 anos de um sistema de recirculação de água do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul, Instituto de Pesca/APTA/SAA, em Cananéia, São Paulo, Brasil. Um aumento progressivo da fecundidade das fêmeas pelo efeito de incremento da sua biomassa no sistema, sugeriu a existência de uma economia de escala vertical na produção de ovos. Para a produção média anual de 90,29 milhões de ovos presumida em 10 anos do empreendimento, os custos associados com a produção de ovo de um dia foi R\$ 0,0079 ovo⁻¹ ou R\$ 7.773,64 kg ovo⁻¹. As despesas anualizadas com mão-de-obra

¹ Castagnolli Consultoria S/s Ltda, Jaboticabal, SP, BR. CP 1231.

e instalações tiveram, respectivamente, uma pior participação relativa de aproximadamente 66,06% e 9,17% do custo. Nas simulações com os valores alternativos de R\$ 0,034 ovo⁻¹ e R\$ 0,056 ovo⁻¹, o empreendimento geraria fluxos operacionais positivos de caixa de aproximados R\$ 17,69 milhões ou R\$ 29,61 milhões, e derivariam taxas internas de retorno (TIRs) respectivas de 204,87% e 336,97%, valores presentes líquido (VPL) de R\$ 10,09 milhões/R\$ 19,73 milhões, retorno do capital (RC) de 1,01 ano ou 0,83 ano) e ponto de nivelamento ao redor de 21,41 ou 12,99 milhões de ovos. No conjunto, esses indicadores são sensíveis o suficiente para avaliar as instalações da perspectiva comercial, mesmo praticando valores mais retraídos para a venda de ovos comparativamente ao menor preço simulado.

Palavras-chave: Aquicultura de recirculação de água; Economia; Robalo-peva; Reprodução.

Abstract

An economic analysis of fat snook, *Centropomus parallelus*, egg production was conducted using a recirculating aquaculture hatchery, located at the located at the Center for Research and Development of the South Coast, Fisheries Institute/APTA/SAA, Cananéia, São Paulo, Brazil. The goals were to evaluate and estimate the fixed and operating costs involved and thereby identify a model of production scenario for a business decision. A gradual increase in fecundity due to the effect of increase of the female biomass in the system, suggested the existence of a vertical economy of scale egg production. The average annual production of 90.29 million eggs was estimated in 10 years, the production costs was. Based on the assumptions of the analysis, results highlight the viability of the facility. For the production cost of US\$ 0.0030 egg⁻¹ or US\$ 3,880.00 kg egg⁻¹w, this facility would generate positive operating cash flows of approximate US\$ 17.69 million or US\$ 29.61 million, and a 10-year projected internal rates of return respective of 204.87% or 336.97%, net present values of US\$ 10.09 million or US\$ 19.73 million, return on capital of 1.01 years or 0.83 years) and point leveling around 21.41 or 12.99 million eggs, respectively if sale prices US\$ 0.017 or US\$ 0.031/egg were made.

Keyword: Recirculating aquaculture system; Economics; Fat snook; Reproduction.

Introdução

O robalo-peva, *Centropomus parallelus*, é uma espécie estuário-marinho tropical e sub-tropical, amplamente distribuída pela costa do Atlântico Ocidental, do Estado da Flórida, USA (28 N) ao Estado de Santa Catarina, Brasil (28 S) (Rivas, 1986; Prodocimo et al., 2008). Estudos com esta espécie têm destacado características positivas para aquicultura (Alvarez-Lajonchère e Tsuzuki, 2008). No entanto, a ausência de demonstrações econômicas e a inconsistência das tecnologias de escalabilidade da produção, principalmente de ovos e larvas, são duas características que desafiam a aplicação do robalo-peva em escala industrial.

Estudos sobre controle da maturação e reprodução artificial têm sido conduzidos em diversos laboratórios de instituições no Brasil e no México (Godinho et al., 2000; Cerqueira e Canarin, 2008; Contreras Garcia, 2011), mas existe dúvida se as aplicações das tecnologias estabelecidas são confiáveis para um cenário de produção comercial.

Na última década, foi iniciado um programa de estudos com o robalo-peva, nas instalações do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul (NPDLs), do Instituto de Pesca/APTA/SAA, Estado de São Paulo (BR), para explorar o potencial de um inovativo sistema de incubadora em gerar economias de escala na produção de ovos e larvas. O protótipo da incubadora foi proposto para utilizar tecnologias de sistema de aquicultura de recirculação (SAR) e controle foto-térmico da reprodução. A proposta é consistente com o objetivo, deste estudo, de organizar um processo de maturação e reprodução de modo que se alcance, a longo prazo, a maximização de eficiência dos fatores envolvidos no processo e involução proporcional dos custos médios finais dos ovos, uma premissa para o efeito de economias de escala.

Como em qualquer segmento de produção de alimentos, a aquicultura requer um contínuo aperfeiçoamento das tecnologias usadas em todas as fases da produção. Para que isso se viabilize, as pesquisas que as produzem devem ser realizadas em escala piloto, cuja consistência dos métodos e dos resultados podem ser extrapolados para a escala comercial (Alvarez-Lajonchère et al., 2007). Ao contrário, as demonstrações econômicas cujos modelos de escalabilidade são ajustados de protocolos normalizados em laboratório ficam uma questão em aberto (Wheaton, 2008).

Eficiência reprodutiva é um traço de relevância econômica na aquicultura de qualquer espécie. Porque os ritmos dos ciclos de geração e a qualidade dos ovos afetam o desempenho econômico das etapas seguintes de produção, é crucial que as simulações econômicas estabeleçam os custos associados com a manutenção dos plantéis em reprodução. Somente de posse desse elemento, é possível medir a eficiência reprodutiva e econômica de um plantel em consequência das tecnologias aplicadas, bem como, planejar “a posteriori” a intensidade da produção de ovos em compatibilidade com a demanda prospectada de mercado.

O presente estudo relata a performance econômica de um cenário de produção de ovos para o horizonte de dez anos. O modelo econômico assume os dados extraídos dos resultados de reprodução de lotes de casais beneficiados por uma das condições foto-térmicas investigadas. Modelos econômicos similares, conceitualizados a partir de condições realísticas de produção, têm contribuído para distinguir a eficiência econômica entre incubadoras comerciais de importantes espécies, por exemplo, cavala do Pacífico *Polydactylus sexfilis* (Kan e Leung, 2002), *Chanos chanos* (Siar et al., 2002), robalo-flexa *Centropomus undecimalis* (Alvarez-Lajonchère e Taylor 2003), tainha *Mugil cephalus* (Leber et al., 2005), dourada *Sparus aurata*, robalo-europeu *Dicentrarchus labrax*; corvina *Argyrosomus regius*, garoupa *Epinephelus aeneus*, perca

Umbrina cirrosa, pargos *Dentex dentex* e *Pagrus caeruleostictus* e sargos *Diplodus puntazzo*, *Diplodus vulgaris*, *Pagellus erythrinus* (Kurtoglu et al., 2010). Entretanto, somente Siar et al. (2002) e Kurtoglu et al. (2010) identificam a participação relativa dos ovos nos custos finais dos juvenis, sem contudo tecerem uma análise sobre os componentes de custos e de rentabilidade, o que também os tornam de pouca relevância para conhecer o ambiente da reprodução.

Material e métodos

Os dados deste estudo foram coletados entre janeiro de 2005 e dezembro de 2009 de um sistema piloto de recirculação de água marinha (SRA) instalado no Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul (NPDLs), Instituto de Pesca/APTA/SAA (Cananéia, SP, BR). Este período compreendeu a elaboração do projeto, aquisição de materiais e equipamentos, construção de edifícios e montagem do SRA (janeiro a setembro de 2005); testes do sistema (outubro de 2005); aquisição, triagem e distribuição dos casais entre os tanques (novembro de 2006); monitoramento do desenvolvimento da condição gonadal, testes de reprodução e acompanhamento da evolução dos preços dos materiais e insumos consumidos (novembro de 2006 a junho de 2009).

O modelo desenvolvido para análise econômica, simula um cenário de produção de ovos para a hipótese de uma decisão de uso comercial das mesmas instalações no horizonte de 10 anos. Foi considerado a performance reprodutiva superior apresentada pelos casais de robalo-peva estocados na situação de fotoperíodo 9C:15E (claro:escuro) (28 casais; biomassa (média \pm DP) inicial de $19,17 \pm 3,25$ Kg e de $11,12 \pm 1,05$ Kg, respectivamente, para as fêmeas e os machos) (Tabela 1). Nesta condição, observou-se que os casais foram recrutados para reprodução em duas estações reprodutivas distintas

no ano. Em cada estação, lotes de embriões foram disponibilizados pelos casais induzidos à reprodução, em dois eventos consecutivos.

O horizonte de produção foi determinado para compatibilizar com a vida útil nominal definida pelos fabricantes para maioria dos componentes do sistema (10 anos). Como a coleta dos dados biológicos se restringiu a 3 anos, adotou-se dois critérios: a) estender o período da reprodução dos estoques até o mês de junho do quinto ano; b) repor um novo plantel de reprodutores (novembro do ano cinco), juntamente com os equipamentos com vida útil de cinco anos. Os novos valores da biomassa no modelo foram extraídos dos parâmetros obtidos da análise da curva de crescimento em peso, aplicada aos dados amostrados. Para o cálculo do potencial de embriões, assumiu-se a média produzida no ano três (último ano do período amostrado). As demais variáveis dependentes da biomassa foram inferidas da análise de regressão aplicada aos dados realísticos. O índice médio de conversão alimentar nos estoques em reprodução, foi usado para estimar o comportamento dos valores desta variável.

Na apropriação do custo foi considerado o método de integralizar as remunerações dos serviços identificados como supostos de serem absorvidos ao processo de produção dos ovos no cenário (Megliorini, 2001). O custeio por absorção teve a finalidade de ratear no custo final do ovo, todos os recursos financeiros previstos para serem dispendidos no horizonte de atividade de 10 anos.

Dadas as peculiaridades da atividade reprodutiva experienciada com o robalo-peva no NPDLs, a análise considera a anualização dos ciclos financeiros, de modo a integralizar as estimativas dos custos para se produzir duas safras anuais de ovos. Em termos contábeis, os componentes de custo foram agrupados de acordo com sua função no processo produtivo (Shang, 1990), nas categorias principais: a) custos fixos

(elementos de despesas assumidos como independentes do volume e dos ciclos de produção de embriões); b) custos variáveis (revela os custos que podem ser vislumbrados apenas nas situações plenas da atividade reprodutiva); c) custo operacional (compõe os itens de custos variáveis e uma parcela dos custos fixos diretamente associado com o desenvolvimento temporal da atividade); e, d) custo total (somatório do custo com a remuneração esperada aos fatores de produção).

Nos custos fixos, a depreciação linear dos equipamentos, da edificação, veículo foi estimada considerando o tempo de vida útil e o preço de aquisição ou de construção (Noronha 1987). Para a manutenção dos equipamentos e construções foi assumido um gasto equivalente a, respectivamente, 10% e 5% do valor inicial de aquisição. Sobre o valor do custo fixo, uma taxa de 5% foi aplicada para remunerar os serviços de consultoria técnica na elaboração do projeto e consumação das licenças. O capital referente às despesas fixas foi remunerado com o índice de 6% (índice 0,83% maior do que o prêmio oferecido pelos títulos de longo prazo no Brasil) (SABESP, 2011).

Na precificação das variáveis chaves do sistema, considerou-se: a) a quantidade de uma ração experimental (custo de preparo estimado em R\$ 10,00 kg), com teor protéico de 42% , consumida pelos reprodutores (índice médio de conversão alimentar de 1,1:1); b) o montante de energia (convertida em Kwh^{-1}) consumida na produção de ozônio, oxigênio, aquecimento da água, ambientação do ar na sala dos reprodutores, bombeamento de água e iluminação e a consumida com geladeira e freezer, calculado ao preço referenciado pela concessionária para o consumo residencial, definido em R\$ $0,492 \text{ Kwh}^{-1}$; c) o volume da água doce ($\text{R\$ } 2,81 \text{ m}^{-3}$) juntamente com o volume de sal ($\text{R\$ } 320,00 \text{ ton}^{-1}$) necessários para abastecer o sistema, e o gasto para higienização dos filtros; d) a soma dos valores de aquisição dos químicos (hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio, hormônio, produtos de higiene) e da vidraria; e) manutenção dos

equipamentos (10% aplicado sobre o valor de custo) e manutenção da edificação (5% sobre o dispendido na construção); f) administração geral (definido para incluir os custos de escritório, combustível, telefonia, internet, etc.), calculada como 8% sobre o total do capital operacional; g) trabalho, como a soma dos custos mensais incorridos na contratação em caráter permanente de um único profissional com instrução superior na área biológica (R\$ 3.715,00) e para cobrir o resíduo (R\$ 10.883,00) de renda para o empresário (Matsunaga et al., 1976), equivalendo ao salário que receberia para gerenciar outra empresa semelhante (fonte: Bolsa de Salários do Data Folha; disponível em: UOL.com.br), ambos adicionados do coeficiente de 102,6% dos encargos sociais (DIEESE, 2011); o custo da área da terra (mínimo de 600 m²) necessária para a instalação do sistema foi assumido para representar um aluguel mensal (R\$ 3.150,00), caso a decisão de um hipotético investidor de produzir em uma área equivalente de sua propriedade, incorresse no custo de oportunidade de não arrendá-la para uma outra firma.

Nas demonstrações de outros componentes do custo (custo operacional e total), utilizou-se o sistema de custos de produção desenvolvidos pelo Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo (Matsunaga et al., 1976), extraídos para mensurar o desempenho econômico do cenário ampliado de produção de 10 anos. Como implícito neste sistema, três figuras financeiras foram derivadas para a estruturação dos custos, expressos monetariamente: a) o custo operacional efetivo (COE), como o total dos pagamentos relativos ao item de custo variável adicionado da parcela de depreciação dos bens fixos; b) o custo operacional total (COT), conceituado como sendo o COE acrescido dos encargos sociais; e c) o custo de produção total (CPT), que representa o valor obtido para o COT somado aos custos da depreciação anual das instalações e da remuneração que incide sobre o montante do capital investido.

Para identificar a rentabilidade, o modelo pressupôs dois referências de preço de venda da unidade de ovo: a) R\$ 0,037, preço praticado pelo Instituto de Pesca/APTA/SAA para ovos de truta arco-iris *Salmo irideus*; b) R\$ 0,056, preço para o pampo *Trachinodus carolinus* produzido pela empresa AquaGreen, Flórida/USA (Disponível em: <www.aquagr.com>. Acesso em: 22 dez. 2011).

Os valores monetários dos componentes de custo presumidos no modelo foram atualizados anualmente até o mês de dezembro de 2011, pelo Índice Geral de Preços (IGP-DI), elaborado pela Fundação Getúlio Vargas.

Para simular a performance das demonstrações financeiras (fluxos de caixa presumíveis nos anos subsequentes ao ano zero pressupostas durante a vida útil do modelo), a seguinte matriz de medidas foi derivada:

- A) Valor Presente Líquido (VPL), critério utilizado para identificar o valor presente da série futura dos fluxos de caixa, que foi presumido de ser gerado pelo investimento incorrido modelo. O custo de oportunidade para o capital investido foi determinado em 15%.
- B) Retorno do capital (RC), foi definido como a expectativa do período de tempo (em anos, meses e dias) requerido para o início do retorno de um montante dos investimentos realizados para os diferentes modelos de escala de produção do SRA.
- C) Taxa interna de retorno (TIR), instrumento para presumir o quanto os superávits no fluxo de caixa gerariam em lucratividade dos retornos esperados frente ao custo de mercado do capital investido. Como taxa obtida a cada ano sobre o capital presumido de ser investido, o critério TIR permite visualizar o quanto de lucratividade poderia ser obtido com o superávits presentes da venda dos embriões, enquanto o investimento inicial é progressivamente recuperado.

- D) Fluxo operacional de caixa (FC), representou a soma algébrica das entradas (receita bruta) e das despesas (saídas de caixa) efetuadas durante os ciclos anualizados da produção de ovos. Possibilitou identificar um fluxo líquido financeiro a cada ano e foi utilizado para o cálculo da Taxa Interna de Retorno, do Retorno do Capital e do Valor Presente Líquido.
- E) Receita Bruta (RB), sendo o produto do rendimento da criação por ciclo multiplicado pelo preço de venda dos ovos praticado pelo empreendedor.
- F) Lucro Operacional (LO), como a diferença entre a RB e o COT. Esse indicador mede a lucratividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade.
- G) Margem Bruta (MB), margem em relação ao COT, isto é, o resultado obtido após o empreendedor arcar com o custo operacional, considerando o preço de venda dos embriões e a produtividade do sistema de produção.

Resultados

A Tabela 1 identifica os itens que oneraram as instalações do NPDLS. Estes resultados demonstram que o sistema de recirculação e a edificação incluindo os serviços da construção, foram os itens de custos mais proeminentes (representando 35,22% e 23,34%, respectivamente do total investido).

A Tabela 2 destaca e os principais parâmetros zootécnicos da performance da produção de ovos e as variáveis de custos operacionais identificadas nas instalações do NPDLS. Os dados permitiram evidenciar uma oscilação importante na quantidade dos ovos dependente da variação da biomassa dos reprodutores ao longo dos três anos de operação. No período, o número total de ovos por ciclo de produção foi incrementado

em aproximadamente 5 vezes (de $1,10 \times 10^7$ a $5,63 \times 10^7$), enquanto a biomassa dos casais triplicava em peso (de 30,29 kg a 98,71 kg). Das principais variáveis que interferiram na rentabilidade, ração, hormônio e eletricidade foram sensíveis ao incremento da biomassa nas instalações. A alteração significativa no item eletricidade justifica-se pela intensificação continuada dos processos de geração de ozônio e aquecimento da água necessários para atender ao incremento da biomassa. O consumo de energia na iluminação e bombeamento da água, incorporados neste item, prosseguiram constantes nas instalações ao longo do período.

A Tabela 3 resume os parâmetros zootécnicos e as variáveis chave para a decisão de utilizar as mesmas instalações com fins comerciais no horizonte de 10 anos. Os valores dos parâmetros incluídos para representarem as projeções da variação da biomassa dos reprodutores e da produção dos ovos na escala temporal ampliada, assim como dos itens de custo incluídos como dependentes desta variação, foram derivados da análise de regressão aplicada aos escores amostrais. As curvas de crescimento calculadas para os sexos separados indicaram uma marcada desaceleração na tendência de evolução do crescimento para os machos e fêmeas, após o terceiro ano. Esta tendência também ficou nítida para as curvas de consumo da ração, aquecimento, ozônio, hormônio. Neste cenário, como na situação realística do NPDLS, os casais também foram estocados em novembro do ano zero, com o primeiro ciclo de produção ocorrendo no mês de junho do primeiro ano. Os custos operacionais referentes a novembro e dezembro do ano zero foram contabilizados no primeiro ano juntamente com a parcela equivalente dos custos com a infraestrutura. Uma reposição dos estoques no sistema também foi prevista para o mesmo mês (novembro) do quinto ano, com os custos contabilizados no mesmo ano. A Tabela 3 reflete essa situação, ao por exemplo, anotar a entrada de novos casais e o maior aporte de sal marinho ou, ao contrário não

registrar nenhum registro de ovos para o segundo ciclo do quinto ano (CP₂), identificado com a produção no segundo semestre.

A Tabela 4 inclui as principais variáveis de custos anuais na operação das instalações do NPDLS no cenário de 10 anos, junto com a composição dos custos dos ovos. Os dados são claros ao identificar a mão-de-obra como a variável com maior participação relativa nos custos operacionais totais (equivalendo a aproximadamente 66,06%, do valor total), superando a depreciação (9,17%), manutenção (7,08%), aluguel do terreno (7,03%) e os juros com a função de remunerar a parcela anualizada dos investimentos correspondentes (5,67%). Representando aproximadamente 3,65% do total dos custos, estão itens com participação relativa individual de reduzida expressão: administração (1,50%), energia elétrica (1,34%), hormônio (0,74%), vidraria de laboratório (0,65%), kits medidores da qualidade da água (0,19%), químicos para ajuste do pH e alcalinidade da água (0,26%), reprodutores (0,08%), ração (0,07%) e produtos químicos de limpeza (0,06%).

A análise da estrutura do custo da produção (Tabela 5) revela um importante efeito dos componentes aderidos ao capital operacional na inflação do custo final dos ovos, em aproximadamente 78%. Valores médios iniciais de R\$ 0,0055 por ovo estimados para o COE, saltaram para R\$ 0,0086, um acréscimo de aproximadamente 54,72%, quando ao COE foi contabilizado com o peso dos encargos sociais do trabalho no país (COT). Um novo acréscimo aos custos finais de produção dos ovos (CTP), embora de menor percentual (aproximadamente 14,30%), refletiu os dispêndios com a depreciação e compensação do investimento.

Os indicadores que representaram o desempenho financeiro deste cenário (Tabela 6) projetam a materialização de lucros, tanto no curto como no longo prazo.

Com o preço de venda assumido de R\$ 0,034 por ovo, prevê-se um fluxo incremental de caixa positivo logo no primeiro ano de atividade, com renda bruta (RB) acumulada no décimo ano de aproximadamente R\$ 18.418.606,93, e fluxo operacional de caixa (FOC) de R\$ 17.690.771,55. Praticado o preço de venda do ovo alternativo (R\$ 0,056), o montante da RB elevaria para aproximados R\$ 30.336.529,07 com FOC de 29.608.693,68. Para uma taxa de desconto de 15% (taxa mínima de retorno normalmente aplicada em investimentos de risco no longo prazo, como a aquicultura, De Ionno et al. 2006), VPLs positivos de R\$ 10.086.676,09 ou de R\$ 19.997,060,41, também seriam gerados dependendo de cada perspectiva de preço de venda do ovo no mercado (R\$ 0,034 ou R\$ 0,056). O cenário da produção indicando performances positivas dos VPLs revelou-se coincidente aos demais indicadores. TIRs positivas (204,87 ou 336,97%) seriam incorridas no cenário, expressando a possibilidade de se alcançar a recuperação com desconto dos investimentos logo ao início da operação do sistema, precisamente, após 14 meses ou 8 meses. A Tabela 6, também identifica que os VPLs são consistentes com as distintas previsões da quantidade de ovos necessária para satisfação dos pontos de nivelamento ($21,40 \times 10^6$ ou de $12,99 \times 10^6$ ovos), respectivamente, para o menor e o maior preços de venda), valores projetados para serem alcançados nos ciclos iniciais da produção.

Uma outra característica importante dos resultados (Tabela 7e Figura 1) é que eles explicitam a evolução temporal da produção, a qual é representativa das respostas do robalo-peva à qualidade do manejo e da tecnologia empregadas. No cenário proposto, a análise indicou que os custos operacionais totais simulados para o ovo flutuariam entre o máximo de R\$ 0,0176, no Ano 1, e o mínimo de R\$ 0,0041, no Ano 10. O valor médio do custo do ovo no quinto ano foi ampliado ao redor de 4 vezes comparado com os custos no início do empreendimento, e isto se deveu ao acréscimo

dos custos referentes à reposição dos estoques de reprodutores à substituição dos equipamentos com vida útil nominal de cinco anos.

Discussão

Ainda que existam ceticismos com relação às demonstrações econômicas de produtividade, cujos modelos de escalabilidade são ajustados de protocolos normalizados em situação de pequena escala (Wheaton, 2008), admite-se, neste estudo, o potencial analítico desse recurso para determinar a escala do lucro das instalações do NPDLS na produção de embriões de robalo-peva. Admite-se, no entanto, que o uso disseminado desse critério na aquicultura pode significar a formulação de modelos distorcidos dos seus objetivos (Wheaton, 2008), ou um alerta para a necessidade de análises assentadas em situações reais de produção (De Iono et al., 2006).

O modelo considera o caráter cíclico da reprodução, propriedade comum aos casais nas instalações do NPDLS. Para fins de contabilizar os custos, o modelo assumiu todas despesas incorridas na manutenção dos reprodutores dentro de um ciclo de produção, assumido para se esgotar com a saída da totalidade dos ovos conseguidos em uma estação bem sucedida de reprodução.

Os indicadores econômicos utilizados nesta análise foram robustos para indicar a viabilidade econômica das instalações da perspectiva comercial, mesmo na suposição que a venda dos embriões somente fosse praticada pelo menor preço escolhido. Utilizando este referencial de valor (R\$ 0,034), após o período de 10 anos, as instalações acumulariam uma receita bruta de caixa projetada de R\$ 18.418.606,93, com previsão de lucro operacional de R\$ 17.690.771,55. Os outros indicadores usados: margem bruta (2.531,77%), (TIR 204,87%), VPL (R\$ 10.086.676,09), retorno do capital (1,01 anos) e ponto de nivelamento ($21,41 \times 10^6$ ovos), proporcionaram uma

melhor percepção do fluxo de caixa e da viabilidade econômica das instalações. Ressalta-se que o preço de R\$ 0,034 é praticado para ovo de truta no Instituto de Pesca, uma instituição pública sem fins lucrativos. Visivelmente com o preço de venda de R\$ 0,056, sugerido para representar o valor mais condizente com as operações comerciais, a performance dos indicadores econômicos melhoraram sensivelmente. Estabelecer o preço referencial de venda de um bem ou serviço é de difícil decisão em economias de mercado, mas para que um empreendedor se motive a investir em aquicultura é necessário que os custos dos bens ou serviços produzidos e a atitude de compra dos consumidores não sigam em direções opostas.

De particular interesse foi a evidência de economias de escala vertical para o robalo-peva. Uma característica-chave para a piscicultura tem sido a intensificação da produção sem que resulte em altos dispêndios em instalações ou custos operacionais. Isso destaca os resultados do modelo desenvolvido para o robalo-peva evidenciando a existência de economias de escala. Em contraste com modelos anteriores projetados para o crescimento (De Ionno et al., 2006), cuja viabilidade de economias de escala parecem depender de altos investimentos em infraestrutura, os dados para o robalo-peva são claros em identificar um incremento expressivo na produção temporal de ovos apoiado apenas no aumento pouco expressivos de alguns insumos: ração, eletricidade e hormônio. Em sistemas de produção, economias de escala se fundamentam sempre que incrementos na quantidade de bens produzidos mostrarem-se financeiramente vantajosos para cobrir os custos fixos e operacionais associados (Sraffa, 1989). Em instalações análogas às do NPDLS, até um ponto, economias de escala podem existir no tamanho individual dos tanques e no tamanho de todo sistema (Dunning et al., 1998) ou, ainda, no tamanho da biomassa relativa (Sammouth et al., 2009). Escalabilidade

também é previsível de ocorrer para outras espécies que apresentam a mesma característica de ovos pelágicos do robalo-peva (Payne and Collinson, 1983).

Como a análise do modelo proposto provou, produção e preço de venda têm um grande efeito sobre a performance dos indicadores de rentabilidade. Com respeito a um aumento desejado da produção, as instalações garantem uma larga margem de aproveitamento. Conferindo os testes de suporte de biomassa é admissível propor que as instalações suportariam neutralizar os resíduos de uma biomassa de reprodutores aproximada de $8,94 \text{ Kg m}^{-3}$, equivalente ao dobro do proposto no modelo analisado. Embora difícil de se estimar, pela incipiência da piscicultura marinha no Brasil, é de interesse particular a estimativa da margem na qual os valores de venda dos ovos podem variar sem interferir na margem do lucro presumido. Neste sentido, comparar o valor de custo do kg de ovo do robalo-peva com outras espécies pode ser útil. O valor de venda de R\$ 17.150,00 por kg de ovos, praticado para as 10 espécies analisadas por Kurtoglu et al., (2010), representaria uma expressiva margem, para maior, da ordem de 120%, no qual comparativamente aos custos anualizados encontrados para o robalo-peva nas instalações do NPDLS.

Os pressupostos do modelo apreciado, neste estudo, estimou que as instalações do NPDLS são economicamente viáveis para a produção de ovos do robalo-peva. No entanto, não se descarta a hipótese de desempenhos econômicos contraditórios se os pressupostos forem baseados em práticas de manejo reprodutivo questionáveis. Reconhecendo isto, admite-se que o sucesso comercial dos empreendimentos de incubadoras de recirculação dependem, em grande medida, da qualidade das técnicas de controle da reprodução.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L. AND TAYLOR, R.G. 2003 Economies of scale for juvenile production of common snook (*Centropomus undecimalis* Bloch). *Aquaculture Economics & Management*, Oxford, 7(5): 273-292.
- CERQUEIRA, V. E M. CANARIN, M. 2008 Multiple spawning of the fat snook *Centropomus parallelus* using different dosages of LHRH. *Cybium*, Paris, 32(2): 330-331.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L.; CERQUEIRA, V.R.; REIS, M. dos 2004 Desarrollo embrionario y primeros estadios larvales del robalo chucumite, *Centropomus parallelus* Poey Pisces, Centropomidae) con interés para su cultivo. *Hidrobiológica*, México, 12: 89–99.
- ALVAREZ-LAJONCHÈRE, L. AND TSUZUKI, M.Y. 2008 A review of methods for *Centropomus* pp. (snooks) aquaculture and recommendations for the establishment of their culture in Latin America. *Aquaculture Research*, Oxford 39: 684-700.
- CONTRERAS-GARCIA, M. 2011 Inducción de la reproducción en *Centropomus undecimalis* y *Centropomus parallelus* bajo condiciones de cautiverio empleando inyecciones e implantes de GnRH-a. M.Sc. Tabasco. 121p. (Dissertação de Mestrado. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). 121 pp.
- DE IONNO, P.N.; WINES, G.L.; JONES, P.L.; COLLINS, R.O. 2006 A bioeconomic evaluation of a commercial scale recirculating finfish growout system — An Australian perspective. *Aquaculture*, Amsterdam, 259: 315-327.
- DIEESE (Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos). 2011. Encargos sociais e desoneração da folha de pagamentos – revisitando uma antiga polêmica. Nota Técnica 101:1-8.
- DUNNING, R.D; LOSORDO, T.M.; HOBBS; A.O. 1998 The economics of recirculating tank systems: a spreadsheet for individual analysis. No. 456. SRAC Publication, Stoneville, Mississippi, USA. 8p.
- GODINHO H.M.; SERRALHEIR, P.C.S.; FERRAZ, E.M.; PIMENTEL. C.M.M.; OLIVEIRA, I.R. 2000 Reprodução induzida em robalo *Centropomus parallelus* Poey, 1860 *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 37(1):37-42.
- KAN, K.E.E and LEUNG. P.S. 2002 Size economies of a Pacific threadfin *Polydactylus sexfilis* hatchery in Hawaii. *Journal of the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 33(4): 410-424.
- KURTOGLU, I.Z.; KUCUK, H.; ALKAN A.; ÖZDEMİR, A. 2010 Economic analysis and sustainability of Turkish marine hatcheries. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences Fish*, Trabazon, 10: 513-521.

- LEBER, K.M.; CANTRELL, R.N.; LEUNG, P.S. 2005 Optimizing cost-effectiveness of size at release in stock enhancement programs. *North American Journal of Fisheries Management*, Lawrence, 25: 1596-1608.
- MARTINS, C.I.M., EDING, E.H.; VERDEGEM, M.C.J.; HEINSBROEK, L.T.N.; SCHNEIDER, O. BLANCHETON, J.P.; ROQUE D'ORBCASTEL, E.; VERRETH, J.A.J. 2010 New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, New York, 43(3): 83-93.
- MATSUNAGA, M.; BEMENLMANS, .P.F.; TOLEDO, P.E.N, DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. 1976 Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA. *Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola*, 23(1): 123-139.
- MEGLIORINI, E. 2007 *Custos, análise e gestão*. São Paulo: Pearson Education do Brasil. 224p.
- NORONHA, J. F. 1987. *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2 ed. São Paulo: Atlas. 269p.
- PAYNE, A. I. and COLLINSON, R. I. 1983 A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile. *Aquaculture*, Amsterdam, 30: 335-351.
- RIVAS, L. R. 1986. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. *Copeia*, New York, 3: 579-611.
- SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). 2011. Custo Médio Ponderado de Capital. Disponível em: <<http://www.arsesp.sp.gov.br/downloads/secoes/saneamento/consulta/012011/Contribui%C3%A7%C3%A3o%20Sabesp.pdf>> Acesso em: 13 out. 2011. 49p.
- SAMMOUTH, S., E. R.; D'ORBCASTEL, E.; GASSET, G.; LEMARIÉ, G.; BREUIL, G.; MARINO, J.-L.; COEURDACIER, S.; FIVELST, A.D.; BLANCHETON, J.-P. 2009 The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. *Aquacultural Engineering*, New York, 40: 72-78.
- SHANG, Y.C., 1990. *Aquaculture economic analysis: n introduction*. The World Aquaculture Society, Inc. Baton Rouge. p.211.
- SIAR, S.V.; JOHNSTON, W. L.; SIM, S. Y. 2002 Study on economics and socio-economics of small-scale marine fish hatcheries and nurseries, with special reference to grouper systems in Bali, Indonesia. Report prepared under APEC project "FWG 01/2001 – Collaborative APEC Grouper Research and Development Network". AsiaPacific Marine Finfish Aquaculture Network Publication 2/2002. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, Bangkok. Disponível em: <http://www.livefoodfishtrade.org/aquaculture/pdf/Socio_Economics_Small_Scale_Hatcheries.pdf> Acesso em 30 ago. 2006. 36 pp

SRAFFA, P. 1989 *Relações entre Custo e Quantidade Produzida*. Trad. José Walter Martínez. Serie: Economia e Planejamento. São Paulo: Hucitec/UNICAMP. 88p.

WHEATON, F. 2008 . Recirculating system aquaculture - what you need to know. Book of Conferences, Proceedings of 7th International Conference on Recirculating Aquaculture, 7:167-175. Virginia Polytechnic Institute and State University, Roanoke, Virginia, USA, July 25-27, 2008.

Tabela 1. Investimentos relativos aos itens de custo fixo envolvidos diretamente na produção de ovo de robalo-peva, *C.parallelus*, nas instalações do NPDLS, Cananéia/SP, entre janeiro de 2006 e dezembro de 2008.

Item	Preço total (R\$)	Composição relativa (%)	Vida útil (anos)	Depreciação anual (R\$)	Juro do investimento (R\$) ^a
1 – Construção civil					
1.1 – Edificação dos módulos do SRA (88 m ²)	132.000,00	23,45	20	6.600,00	7.920,00
1.2 – Escritório/cozinha/dormitório (42 m ²)	24.000,00	4,26	20	1.200,00	1.440,00
1.3 – Garagem de veículos (60 m ²)	24.200,00	4,30	20	1.210,00	1.452,00
1.4 - Serviços de construção civil (10%)	18.020,00	3,20			1.081,20
Subtotal	198.220,00	35,22		9.010,00	11.893,20
2 – Equipamentos					
2.1 – Tanques de estocagem de água	20.100,00	3,57	20	1.005,00	1.206,00
2.2 – Sistema de recirculação	125.750,00	22,34	10	12.575,00	7.545,00
2.3 – Bombas hidráulicas	10.000,00	1,78	5	2.000,00	600,00
2.4 – Gerador elétrico	30.000,00	5,33	5	6.000,00	1.800,00
2.5 – Sistema de iluminação artificial	15.000,00	2,67	5	3.000,00	900,00
2.6 – Pressurizador de água	800,00	0,14	5	160,00	48,00
2.7 – Oxímetro	6.500,00	1,15	5	1.300,00	390,00
2.8 – Medidor de pH	3.000,00	0,53	5	600,00	180,00
2.9 – Salinômetros	3.500,00	0,62	5	700,00	210,00
2.10 – Termômetros	1.500,00	0,27	5	300,00	90,00
2.11 – Balanças	2.050,00	0,36	10	205,00	123,00
2.12 – Lupa e microscópio	55.000,00	9,77	20	2.750,00	3.300,00
2.13 – Freezer, geladeira, condicionado	6.150,00	1,09	5	1.230,00	369,00
2.14 – Ictiômetros	200,00	0,04	5	40,00	12,00
2.15 – Mobiliário	5.000,00	0,89	10	500,00	300,00
2.16 – Redes e puçás	600,00	0,11	5	120,00	36,00
2.17 – Computador/impressora	3.500,00	0,62	5	700,00	210,00
2.18 – Telefones/internet	1.550,00	0,28	5	310,00	93,00
Subtotal	290.200,00	51,56		33.185,00	17.412,00
3 - Veículo					
3.1 - Utilitário	50.000,00	8,88	5	10.000,00	3.000,00
Subtotal	50.000,00			10.000,00	3.000,00
4 – Documentação e construção					
4.1 – Elaboração de projeto e obtenção de licenças ^b					
4.2 – Construção das instalações ^c	24.421,00	4,34			
Subtotal	24.421,00				
Total	562.841,00			52.195,00	32.305,20

^aCorrespondeu ao índice mínimo (6% a.a) remunerador de capitais no país.

^bConsiderou-se a taxa de 8% sobre o valor da construção, como remuneração de empresa de engenharia civil.

^cTaxa de 4,5% sobre o valor de instalação para remunerar uma de projetos agropecuários.

Tabela 2. Parâmetros acessados de reprodutores de robalo-peva, *Centropomus parallelus*, (N = 28 casais) nas instalações de recirculação de água do NPDLs, entre janeiro de 2006 e dezembro de 2008.

	2006		2007		2008	
	CP ₁ ^a	CP ₂	CP ₁	CP ₂	CP ₁	CP ₂
Variáveis zootécnicas						
Biomassa das fêmeas (kg)	19,17	33,58	49,69	65,46	71,20	80,93
Biomassa dos machos (kg)	11,12	14,01	14,7	16,56	17,36	17,78
Ovo/estação reprodutiva (x10 ⁷)	2,20	2,08	3,21	4,62	4,87	5,63
Ovo/ano (x10 ⁷)	5,29		7,84		10,51	
Ovo/ano (/kg)	36,52		89,54		119,99	
Variáveis chaves do sistema						
Eletricidade (Mw)	11,90	12,80	13,39	14,41	14,78	15,36
Ração (/kg)	17,98	19,03	24,38	27,03	26,01	27,00
Água doce (m ³)	78,74	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74
Sal marinho (kg)	271,72	14,93	14,93	14,93	14,93	14,93
Hormônio (U.L.x10 ³)	6,06	9,52	12,88	16,41	17,71	19,74
Kits medidores de qualidade de água ^d	5	5	5	5	5	5
Químicos (kg) ^e	10,00	12,19	14,25	15,00	16,41	16,49

^aCiclo de produção no primeiro semestre; CP², identifica a produção no segundo semestre.

^{b,c}Valores médios.

^dKits comerciais dosadores de amônia, nitrito, nitrato e alcalinidade.

^eDetergentes, hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO₃) e carbonado de cálcio (CaCO₃).

Tabela 3. Sumário das suposições para as variáveis zootécnicas e chaves do sistema na hipótese da atividade de produção de ovo nas instalações do NPDLs desenvolver-se no horizonte de 10 anos.

	Anos: 1 e 6		Anos: 2 e 7		Anos: 3 e 8		Anos: 4 e 9		Anos 5		Ano 10	
	CP ₁ ^a	CP ₂	CP ₁	CP ₂								
Variáveis zootécnicas ^b												
Biomassa das fêmeas (kg)	18,19	34,94	49,25	6,47	71,92	80,84	88,47	94,99	100,56	...	100,56	105,32
Biomassa dos machos (kg)	10,69	13,49	15,27	16,42	17,15	17,62	17,92	18,11	18,24	...	18,24	18,32
Ovo/estação reprodutiva (x10 ⁷)	1,05	2,17	3,18	4,34	4,92	5,63	5,94	6,37	6,75	...	6,75	7,07
Ovo/ano (x10 ⁷)	3,23		7,53		10,51		12,23		6,75		13,83	
Ovo/ano (/Kg)	33,07		77,18		108,13		126,23		69,19		141,72	
Variáveis chaves do sistema												
Reprodutores	28					28						
Eletricidade (Mw)	11,39	12,53	13,44	14,19	14,83	15,44	15,82	16,19	16,53	1,19	16,53	17,20
Ração (/Kg)	16,78	21,89	24,53	25,87	26,60	27,01	27,02	27,31	27,44	3,49	27,44	28,22
Água doce (m ³)	78,74	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74	78,74	18,74	18,74
Sal marinho (kg)	146,23	14,93	14,93	14,93	14,93	14,93	14,93	14,93	14,93	146,23	14,93	14,93
Hormônio (U.I.x10 ³)	5,81	9,70	12,89	15,63	17,82	19,74	21,32	22,59	23,83	...	23,79	24,72
Kits medidores de qualidade de água ^d	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Químicos (kg) ^e	4,80	5,01	6,00	6,11	6,88	7,00	7,00	7,02	7,03	0,78	7,03	7,31

^aCiclo de produção no primeiro trimestre; CP2 identifica a produção no segundo semestre do ano.

^bValores médios.

^cMédia (± DP) de ovos/g de peso, estimado aproximadamente 48 horas após a fertilização = 875,36 ± 22,37.

Tabela 4. Investimentos relativos aos itens de custo operacional envolvidos diretamente na produção de ovo de robalo-peva, *C.parallelus*, nas instalações do NPDLS, Cananéia/SP, entre janeiro de 2006 e dezembro de 2008.

Item	COE* (R\$)	Encargos sociais (R\$)	Encargos financeiros (R\$)	COT (R\$)	CTP (R\$)	CTP Composição relativa (%)
1 – Aluguel do terreno	37.800,00		2.268,00	40.068,00	40.068,00	7,04
2 – Remuneração do trabalho contratado						
2.1 - Biólogo	44.580,00	45.739,08	5.419,14	95.738,22	95.738,22	16,82
2.1 - Proprietário	130.596,00	133.991,50	15.875,25	280.462,75	280.462,75	49,27
3 – Casais de reprodutores						
3.1 - ano 1 e 6	84,00		5,04	89,04	89,04	0,02
4 – Ração	374,64		22,48	397,11	397,11	0,07
5 – Energia elétrica	7.219,73		433,18	7.652,92	7.652,92	1,34
6 – Água	764,69		45,88	810,57	810,57	0,14
7 – Sal marinho	9,26		0,56	9,82	9,82	0,00
8 – Hormônio	3.999,84		239,99	4.239,83	4.239,83	0,74
9 – Kits medidores qualidade da água	901,00		54,06	955,06	955,06	0,17
10 – Químicos para ajuste do pH e alcalinidade	1.375,00		82,50	1.457,50	1.457,50	0,26
11 – Produtos químicos de limpeza	330,00		19,80	349,80	349,80	0,06
12 – Vidraria de laboratório	3.500,00		210,00	3.710,00	3.710,00	0,65
13 – Manutenção (edificações e equipamentos)	38.030,00		2.281,80	40.311,80	40.311,80	7,08
14 – Administração geral	8.083,52		485,01	8.568,53	8.568,53	1,51
15 – Depreciação anual do empreendimento					52.195,00	9,17
16 – Juros sobre o investimento					32.305,20	5,67
Total/Ano						
Anos: 1 e 6	269.564,16		27.442,70	484.820,95	569.321,15	
Anos: (2 a 5) e (7 a 10)	269.480,16		27.437,66	484.731,91	569.232,11	

Tabela 5. Sumário dos custos anuais incorridos no cenário da operação das instalações do NPDLS em 10 anos.

Itens	Valores (R\$)	Participação relativa ^a %
Custos fixos		
Depreciação	52.195,00	9,17
Compensação do investimento	32.305,20	5,67
Custos variáveis		
Terreno	40.068,00	7,03
Trabalho	376.200,97	66,06
Outros ^b	67.847,25	3,65
Manutenção	40.311,80	7,08
Total dos custos	569.516,03	
Custo operacional efetivo (COE) (R\$/ovo)	0,0055	
Custo operacional total (R\$/ovo)	0,0086	
Custo total de produção (R\$/ovo)	0,0098	
Custo total de produção (R\$/kg/ovo)	8.561,84	

^aValor aproximado do custo e da participação relativa de cada item ou grupo de itens no custo total de produção.

^bItens com valores aproximados de participação relativa individual inferiores a 2,00%: administração (1,50%), eletricidade (1,34%), hormônio (0,74%), vidraria de laboratório (0,65%), kits medidores da qualidade da água (0,19%), químicos para ajuste do pH e alcalinidade da água (0,26%), reprodutores (0,08%), ração (0,07%) e produtos químicos de limpeza (0,06%).

Tabela 6. Sumário dos indicadores que refletem a performance do fluxo de caixa simulado no longo prazo para o capital absorvido nas instalações do NPDLS.

Fluxo de caixa	Valor de venda/ovo	
	R\$ 0,034	R\$ 0,056
Receita bruta (R\$)	18.418.606,93	30.336.529,07
Fluxo operacional de caixa (R\$)	17.496.720,25	29.414.642,38
Margem bruta (%)	1.998,02	3.290,86
Taxa interna de retorno (%)	204,79	336,76
Valor presente líquido (R\$) ^a	10.993.363,51	19.374.010,03
Retorno do capital (anos)	1,23	0,83
Ponto de nivelamento (unidades)	27.114.314,35	16.462.262,28

^aTaxa média de atratividade do capital de 15%.

Tabela 7. Produção e componentes de custo vislumbrados para representar a existência de efeito de economia de escala nas instalações do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul na hipótese de operação estendida de 10 anos. Os componentes foram agrupados por sua função no processo produtivo de acordo com Shang (1990), e determinados segundo a metodologia descrita em Matusunaga et al. (1976).

	Anos: 1 e 6		Anos: 2 e 7		Anos: 3 e 8		Anos: 4 e 9		Ano: 5		Ano: 10	
	CP ₁ ^a	CP ₂	CP ₁	CP ₂								
Nº/ovos/ciclo ($\times 10^7$)	1,05	2,17	3,18	4,34	4,92	5,63	5,94	6,37	6,77		6,75	7,07
COE (R\$/ovo) ^b	0,0084		0,0036		0,0026		0,0022		0,0039		0,0019	
COT (R\$/ovo) ^c	0,0151		0,0064		0,0046		0,0039		0,0072		0,0035	
CTP (R\$/ovo) ^d	0,0176		0,0076		0,0054		0,0046		0,0084		0,0041	
CTP (R\$/Kg/ovo) ($\times 10^3$)	17.219,41		7.378,63		5.266,53		4.511,5		8.230,86		4.020,30	

^aCiclo de produção de ovos no primeiro semestre; CP₂, identifica a produção no segundo semestre do ano.

^cCusto operacional total (=COT acrescido dos valores (R\$) referentes aos encargos sociais do trabalho e da taxa (6%) aplicada ao custo médio do capital variável.

^dCusto total de produção (=CTP somado dos valores (R\$) que representaram as parcelas fixas anuais dispendidas com a depreciação e o custo médio do capital fixo.

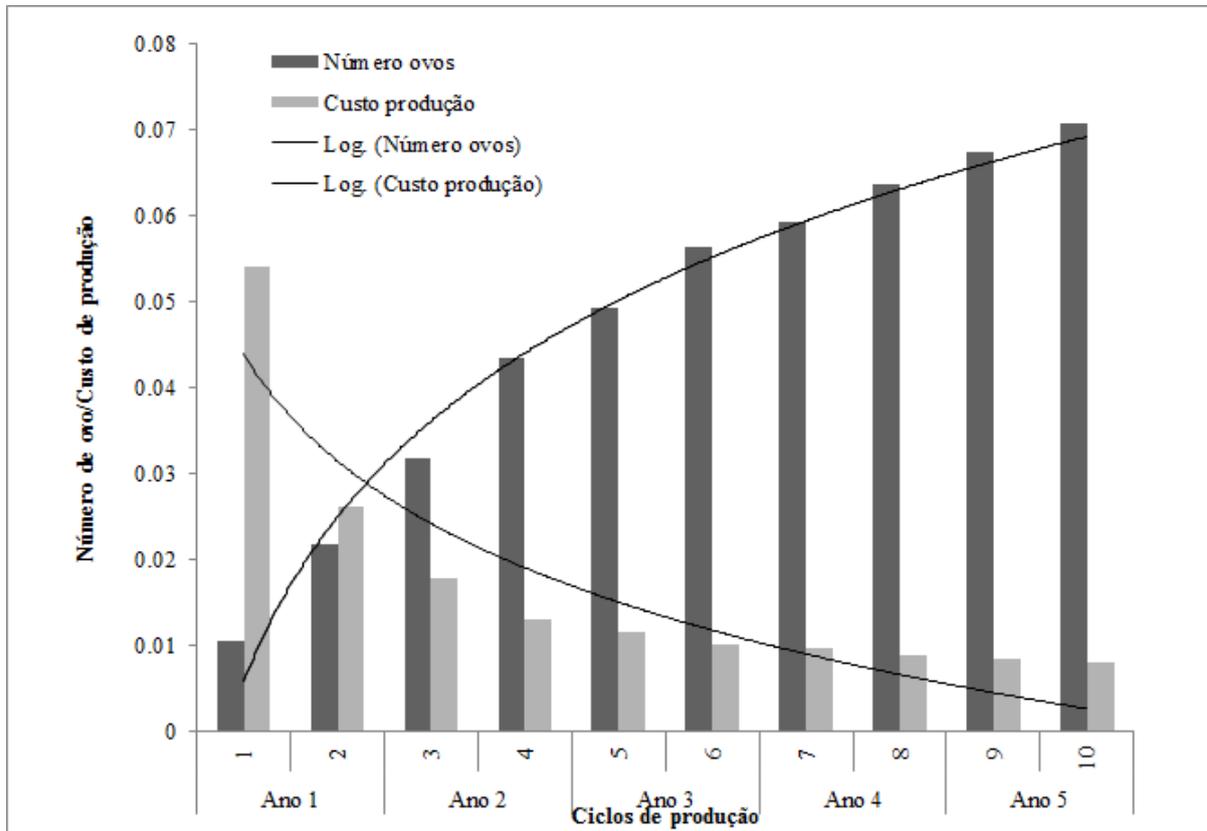


Figura 1. Representação gráfica da curva de custos médios obtida para a produção de ovo de robalo-peva, *C. parallelus*, nas instalações do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Litoral Sul, para o cenário de operação estendida de 10 anos, assumindo a reposição do plantel de reprodutores no quinto ano de operação.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como não só ocorrer com outros animais, a posse de estoques confinados de peixes não é por si só uma condição para predizer que seu desenvolvimento possa converter-se na geração de proles seguindo os ciclos vitais, menos, ainda, para se esperar que a piscicultura possa se realizar como uma alternativa viável para sua exploração. Para este propósito, é essencial a posse de gametas de ambos os sexos e/ou de ovos viáveis. Garantir que os indivíduos não sofram restrições fisiológicas no cativeiro ao ponto de comprometer a viabilidade de gametas e sua fecundação, tem sido uma constante na aquicultura. Neste sentido, a alta refratariedade ao manejo reprodutivo exibida por espécies de reconhecida importância econômica, como o robalo-peva, *Centropomus parallelus*, tem atraído a atenção de muitas instituições de pesquisa tanto no Brasil como no exterior.

As pesquisas sobre o robalo-peva, conduzidas no Brasil e no México, têm conseguido avançar na melhoria dos protocolos de intervenção do ciclo reprodutivo. As soluções apresentadas, no entanto, não têm sido eficientes para que esta espécie repita sua habilidade reprodutiva natural. Por outro lado, nenhum estudo foi feito para avaliar o desempenho econômico da produção de ovos/larvas com os atuais procedimentos de manejo. Portanto, ao persistir esta situação é pouco provável que a criação do robalo-peva em escala industrial possa ser realizada em bases econômicas aceitáveis.

Severas restrições reprodutivas em peixes têm sido sugeridas como causadas pela inabilidade dos ambientes das incubadoras em controlar a pressão das variações dos parâmetros ambientais que sincronizam as transições das fases maturacionais. O Capítulo 1, desenvolveu uma estratégia de procedimentos para a compreensão da extensão das condições ambientais no desempenho do robalo-peva, que incluiu a concepção de uma inovativa incubadora desenhada para operar com fluxo fechado, água marinha artificial, controle ambiental e descarga zero de efluentes. Nesta incubadora, a extensão dos efeitos de alguns parâmetros passaram a ser confirmados, também, para o robalo-peva. Um dos testados foi a amplitude da fotofase. O fotoperíodo 9F:15E (fotofase:escotofase), continuamente fornecido, habitou as

fêmeas a exibirem dois períodos anuais de desovas, um a cada seis meses. Uma perda importante de parte desse desempenho foi constatada quando usou-se o fotoperíodo 15F: 9E, com as fêmeas apresentando um único ciclo anual. O crescimento do peso corporal das fêmeas foi superior no fotoperíodo 9F:15E, facilitou um ganho importante na fecundidade absoluta sobre a exibida nas fêmeas expostas no tratamento alternativo (15F: 9E). Este desempenho contrasta amplamente com o verificado nas incubadoras tradicionalmente usadas para o robalo-peva.

Incrementos na capacidade produtiva como verificado no robalo-peva, têm sido amplamente reconhecidos de serem realizados em estoques de adultos mantidos em sistemas de recirculação. Como nem sempre o ganho na produção é compensado pelas inversões do capital necessário para cobrir os custos dessas instalações e aqueles associados com a sua operação, modelos econômicos têm sido amplamente propostos para a análise de rentabilidade. O Capítulo 2, prospectou para o robalo-peva, como esses custos seriam influenciáveis diante do incremento da capacidade reprodutiva do robalo-peva, suposta de ser realizada em sistemas assemelhados no horizonte de 10 anos. O modelo econômico proposto, conceitualizado a partir dos dados extraídos da performance superior dos casais de robalo-peva (conforme descrito anteriormente no Capítulo 1), estimou uma produção acendente ao longo do período, com média anualizada em torno de 90,29 milhões de ovos/larvas, demonstrou a possibilidade de realização de lucro a partir do primeiro ano de operação. Todos os indicadores de rentabilidade derivados, considerando preços de venda praticados para outras espécies, (fluxo de caixa acumulado positivo de R\$ 17,69 milhões ou R\$ 29,61 milhões, derivando taxas internas de retorno respectivas de 204,87% ou 336,97%, valor presente líquido de R\$ 10,09 milhões ou R\$ 19,73 milhões), foram consistentes com a realização de lucro logo após o primeiro ano de operação das instalações.

Com base nos resultados apresentados nesta dissertação é pouco provável que o manejo da reprodução do robalo-peva possa servir como argumento razoável para justificar a inexistência de uma opção de peixe viável na incipiente história da piscicultura marinha no Brasil. As variáveis ambientais têm um papel muito relevante na ampliação ou diminuição da eficiência

reprodutiva do robalo-peva. A qualidade das incubadoras (meio de imersão dos peixes e ambiente ao redor) auferida pelo uso de sistemas de recirculação de água, os tornam uma ferramenta imprescindível para a economia da aquicultura marinha. Por usar tecnologias de inativação de resíduos da água (restos de alimentos não consumidos, fezes, urina, etc) que flue dos tanques de reprodutores e dos coletores de ovos, o sistema pode ser classificado como de descarga zero de efluentes, significando que os ganhos não ficam restritos apenas ao ambiente da produção, mas extrapolam para o ambiente como um todo. Por usar água marinha artificial, o sistema adquire um grau de portabilidade, característica, que pode ser futuramente explorada para incrementar pisciculturas marinhas do tipo urbana.