



Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aqüicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção¹

Reproductive strategies of fishes applied to aquaculture: bases for development of production technologies

Hugo Pereira Godinho

Fundação Vidanorio, Rua João A. Cardoso, 192, Belo Horizonte, 31310-390, MG
Correspondência: hgodinho@ufmg.br

Resumo

Pelo menos 40 espécies de peixes de água doce brasileiras são utilizadas em aqüicultura, o que representa 1,5% de suas espécies conhecidas. Embora a produção brasileira de peixes cultivados venha crescendo, o ritmo de crescimento é menor do que o indicado pelo seu potencial. Neste trabalho, discutem-se estratégias reprodutivas e seu papel no planejamento e gestão da aqüicultura. Maturidade sexual, indução artificial da desova, fecundidade e preservação de sêmen foram consideradas, neste trabalho, áreas prioritárias para pesquisa e desenvolvimento.

Palavras-chave: aqüicultura, estratégias reprodutivas, peixes brasileiros de água doce.

Abstract

At least 40 Brazilian freshwater fishes are used in aquaculture, representing 1.5% of its known species. Although Brazilian freshwater aquaculture fish production has been increasing, the growth rate is smaller than its great potential indicates. In this paper fish reproductive strategies and their role in aquaculture management are discussed. Size at maturity, artificial spawning, fecundity and sperm preservation were considered as priority areas for research and development.

Keywords: aquaculture, reproductive strategies, freshwater Brazilian fishes.

Introdução

A pesca extrativista mundial alcançou tal nível de produtividade que, caso fosse ampliado, seus recursos pesqueiros estariam bem mais afetados do que se encontram na atualidade. Nas últimas duas décadas, a produção pesqueira mundial manteve-se em torno de 95 milhões de ton/ano. Em que pese os problemas de estatística pesqueira, estima-se que menos de 9 milhões de ton/ano são oriundos da pesca continental (<http://www.greenfacts.org/fisheries>; acessado em 14 de março de 2007). Por outro lado, a aqüicultura, especialmente de países em desenvolvimento, encontra-se em expansão. De acordo com estatísticas da FAO, a contribuição da aqüicultura de peixes, crustáceos e moluscos continua a crescer, tendo alcançado quase 30% da produção global em 2002. Em razão de seu grande potencial, a aqüicultura brasileira não acompanha o desenvolvimento ocorrido em outros países do mundo. As razões para seu modesto desempenho têm sido apontadas em várias análises recentes (Valenti *et al.*, 2000, Queiroz *et al.*, 2002; Andrade e Yasui, 2003; Camargo e Pouey, 2005).

Embora reduzido, o cultivo de organismos aquáticos tem aumentado no Brasil. Na década atual, a aqüicultura participou com cerca de 150-250 ton/ano o que corresponde a 15-25% da produção total de pescado. Os peixes constituem o principal grupo de organismos aquáticos cultivados, com 80-85% da produção, seguidos pelos camarões marinhos e moluscos; as espécies mais cultivadas são tilápias, carpas e bagres (Camargo e Pouey, 2005), e ainda tambaquis e surubins (Queiroz *et al.*, 2000).

Neste trabalho, são discutidas estratégias reprodutivas de peixes com aplicações práticas importantes no planejamento e gestão da aqüicultura de alevinos.

Peixes brasileiros em aqüicultura

A fauna de peixes de água doce do Brasil é a mais rica do mundo, com cerca de 2.587 espécies, existindo ainda muitas desconhecidas (Buckup *et al.*, 2007). A Tab. 1 contém lista das espécies utilizadas ou que apresentam potencial para aqüicultura. Nela foram incluídas as tradicionalmente utilizadas bem como outras recentemente colocadas à disposição dos piscicultores. São pelo menos 40 espécies, de várias famílias e gêneros dentre as quais sete não puderam ser identificadas neste trabalho. Pelo menos quatro híbridos são oferecidos no,

¹Palestra apresentada no XVII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 31 de maio a 02 de junho de 2007, Curitiba, PR.

mercado de alevinos. Face ao grande número de espécies, à dificuldade de seu reconhecimento pelo leigo e à utilização de mesmo nome popular para espécies diferentes, alguns grupos são mais problemáticos do que outros quanto à identificação. Os gêneros *Leporinus*, *Brycon*, *Salminus*, *Hypostomus*, *Pimelodus* e *Cichla* encontram-se nessa situação.

Tabela 1. Espécies nativas utilizadas ou potencialmente utilizáveis em aquicultura, com indicação de seu caráter migrador, excluídas as tradicionalmente utilizadas em aquariorfilia.

(S=sedentária, D=caráter migrador desconhecido, M=migradora, - = espécie desconhecida)

Família/Espécie	Migração	Nome popular
Osteoglossidae		
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	S	Aruanã
Arapaimatidae		
<i>Arapaima gigas</i>	S	Pirarucu
Pristigasteridae		
<i>Pellona castelnaeana</i>	D	Apapa-amarelo
<i>Pellona flavipinnis</i>	D	Apapa-branco
Prochilodontidae		
<i>Prochilodus argenteus</i>	M	Curimatã
<i>Prochilodus lineatus</i>	M	Curimatã
<i>Prochilodus nigricans</i>	M	Curimatã
Anostomidae		
<i>Leporinus elongatus</i>	M	Piapara
<i>Leporinus macrocephalus</i>	M	Piavuçu
<i>Leporinus obtusidens</i>	M	Piapara
<i>Leporinus</i> sp.	-	Piau
Characidae		
<i>Astyanax altiparanae</i>	S	Lambari-do-rabo-amarelo
<i>Astyanax bimaculatus</i>	S	Lambari-do-rabo-amarelo
<i>Astyanax fasciatus</i>	S	Lambari-do-rabo-vermelho
<i>Brycon amazonicus</i> (= <i>B. cephalus</i>)	M	Matrinxã
<i>Brycon insignis</i>	M	Piabanha
<i>Brycon microlepis</i>	M	Piraputanga
<i>Brycon orbignyanus</i>	M	Piracanjuba
<i>Brycon orthotaenia</i> (= <i>B. Lundii</i>)	M	Matrinxã
<i>Brycon</i> sp.	-	Jatuarana
<i>Brycon</i> sp.	-	Matrinxã
<i>Colossoma macropomum</i>	M	Tambaqui
<i>Piaractus brachypomus</i>	M	Pirapitinga
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	M	Pacu
<i>Salminus brasiliensis</i> (= <i>S. maxillosus</i>)	M	Dourado
<i>Salminus hilarii</i>	M	Tabarana
<i>Salminus</i> sp.	-	Dourado
Characidae (híbridos)		
<i>Piaractus mesopotamicus</i> x <i>P. brachypomus</i>	-	Patinga
<i>Piaractus mesopotamicus</i> x <i>Colossoma macropomum</i>	-	Tambacu
<i>Piaractus brachypomus</i> x <i>Colossoma macropomum</i>	-	Tambatinga
Cynodontidae		
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	-	Cachorra
Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i>	S	Traíra
<i>Hoplias lacerdae</i>	S	Trairão
Loricariidae		
<i>Hypostomus</i> sp.	-	Cascudo

Família/Espécie	Migração	Nome popular
Pimelodidae		
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	M	Piraíba
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	M	Jurupoca
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	M	Pirarara
<i>Pimelodus</i> sp.	-	Mandi
<i>Pirinampus pinirampu</i>	M	Barbado
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	M	Pintado/surubim
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	M	Cachara
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	M	Caparari
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	M	Surubim-chicote
<i>Surubim lima</i>	M	Jurupensem
<i>Zungaro jahu</i>	M	Jau
Pimelodidae (híbridos)		
<i>Pseudoplatystoma corruscans</i> x <i>P. fasciatum</i>	-	Ponto-e-vírgula
Pseudopimelodidae		
<i>Lophiosilurus alexandrii</i>	S	Pacamã
Heptapteridae		
<i>Rhamdia quelen</i>	M	Jundiá
Cichlidae		
<i>Astronotus ocellatus</i>	S	Apaiari
<i>Cichla monoculus</i>	S	Tucunaré
<i>Cichla</i> sp.	-	Tucunaré

As espécies listadas apresentam as mais variadas histórias de vida. Seu comprimento máximo varia desde alguns cm (ex.: lambari-do-rabo-amarelo) até além de 100 cm, como nos grandes bagres (ex.: jaú, piraíba, pintado) e no pirarucu. Uma das características relevantes dessas espécies refere-se à migração reprodutiva, presente na grande maioria delas, em contraste com poucas sedentárias (Tab. 1). Embora a biologia geral, particularmente a biologia reprodutiva, de algumas das espécies listadas na Tab.1 seja desconhecida ou pouco estudada, seus alevinos têm sido disponibilizados para venda.

Expansão de cadeias produtivas de peixes e prioridades

O estímulo e o aprimoramento da cadeia produtiva da tilápia têm sido considerados prioritários por diferentes instituições governamentais brasileiras. Todavia, outras cadeias produtivas de peixes seriam necessárias para atender peculiaridades regionais. Além da tilápia, a EMBRAPA (Queiroz *et al.*, 2002) considera algumas espécies nativas prioritárias para compor projetos de pesquisa do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária – SNPA. As áreas de reprodução e larvicultura foram destacadas como prioritárias para pesquisa e desenvolvimento. Eventualmente, tais espécies poderão se constituir em novas cadeias produtivas. A Tab. 2, baseada em Queiroz *et al.* (2002), mostra as espécies e sua inserção regional.

Tabela 2. Espécies nativas prioritárias para o desenvolvimento de pesquisas nas diferentes regiões do Brasil.

Espécie	N	NE	CO	SE	S	Brasil
Dourado (<i>S. brasiliensis</i>)						
Jundiá (<i>R. quelen</i>)						
Matrinxã (<i>B. amazonicus</i> ¹)						
Pacu (<i>P. mesopotamicus</i>)						
Pintado (<i>P. corruscans</i>)						
Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>)						
Piraputanga (<i>B. microlepis</i>)						
Pirarucu (<i>A. gigas</i>)						
Surubim, cachara (<i>P. fasciatum</i>)						
Tambaqui (<i>C. macropomum</i>)						

Fonte: Queiroz *et al.* (2002)

(N=Norte, NE, CO=Centro-oeste, SE=Sudeste, S=Sul)

¹ *B. amazonicus* = *B. cephalus*

Estratégias reprodutivas aplicadas à aquicultura

Estratégia reprodutiva é o padrão geral reprodutivo adotado por uma espécie. Em razão da alta diversidade de espécies e da ocupação dos mais variados tipos de ambientes, os peixes desenvolveram imensa variedade de estratégias reprodutivas (Breder e Rosen, 1966; Wallace e Selman, 1981; Vazzoler, 1996; Coward *et al.*, 2002). A grande maioria dos teleósteos (peixes da Classe Actinopterygii), dentre os quais estão os peixes brasileiros de água doce utilizados em aquicultura, apresenta, em geral, as seguintes características: a) desenvolve ovócitos e espermatozóides em sexos separados, b) é ovípara e libera os ovócitos no meio aquático onde são fertilizados (peixes de fertilização externa), c) os embriões evoluem sem auxílio dos pais ou, em alguns casos, um dos pais ou ambos tomam conta da prole; d) os embriões contam com o suporte dos nutrientes do vitelo ovocitário para seu desenvolvimento; f) a ruptura da casca do ovo libera o embrião, agora denominado larva, cujo desenvolvimento ainda não está completo; g) o desenvolvimento larval se completa na pós-larva, em momentos distintos após a eclosão, de acordo com a espécie. A seguir, algumas características reprodutivas, de importância na aquicultura, são discutidas:

Dimorfismo sexual e caracteres sexuais secundários

Externamente, peixes apresentam dimorfismo sexual que, em determinadas espécies, pode ser facilmente identificado e, em outras, requer exame pormenorizado para sua identificação; em outras espécies, aparentemente não há dimorfismo sexual externo. Em geral, a fêmea das espécies migradoras é maior do que o macho. Nos peixes sedentários, os machos podem ser maiores. Em algumas espécies, a papila genital dos machos é dotada de saliência; em outras, raios das nadadeiras anais são modificados em órgãos intromitentes. Os caracteres sexuais secundários são variados: ex.: coloração, tubérculos na cabeça, glândulas cutâneas e outros.

Gametogênese

Em geral, a gametogênese dos teleósteos segue o padrão estabelecido para os vertebrados, com alguns eventos característicos de determinados grupos. A ovogênese é o processo no qual células germinativas primordiais (CGP) se desenvolvem para dar origem ao ovócito pronto para ser fertilizado. A ovogênese se divide nas seguintes etapas: a) formação da CGP e sua transformação em oogonia (diferenciação sexual), b) transformação da ovogônia em ovócitos (início da meiose), c) crescimento do ovócito enquanto a meiose está parada, d) reinício da meiose (maturação) e finalmente, expulsão do ovócito de seu folículo (ovulação). No início de cada período reprodutivo, uma fração das ovogônias presentes no ovário passa por uma série de divisões mitóticas até entrar em meiose (Patiño e Sullivan, 2002) e daí segue seu desenvolvimento até ovócito maduro.

Na etapa de crescimento, os ovócitos adquirem grande quantidade de vitelo que servirá de alimento para o embrião e para os primeiros momentos de vida da larva. Essa etapa é caracterizada por duas fases: pré-vitelogênese e vitelogênese. Na fase pré-vitelogênica, que independe de hormônios gonadotrópicos para sua evolução, o crescimento do ovócito é lento e seu volume aumenta muito pouco. A fase vitelogênica caracteriza-se por estreita dependência de hormônios gonadotrópicos, rápido crescimento ovocitário e aumento extraordinariamente do seu tamanho (Wallace e Selman, 1981). A vitelogênese consiste no seqüestro de um precursor plasmático, a vitelogenina, derivada do fígado, que se acumula no citoplasma do ovócito sob a forma de grânulos de vitelo. Ao final do processo de vitelogênese, o ovócito atinge seu desenvolvimento máximo e, dependendo de condições ambientais adequadas e sob a ação de apropriado mecanismo hormonal gonadotrópico, o ovócito entra na etapa de maturação. A maturação ovocitária é um fenômeno que se desenvolve em curto tempo e que termina na ovulação.

Tamanho de maturidade sexual (puberdade)

O conhecimento do tamanho no qual o peixe atinge a capacidade de reproduzir pela primeira vez (puberdade) é muito importante para a aquicultura (Okuzawa, 2002). Há espécies que atingem a maturidade sexual apenas após alcançarem um grande tamanho corporal. Nesse caso, os custos para se formar e manter um plantel de reprodutores é muito alto. Por outro lado, há espécies que, mantidas sob determinadas condições, aceleram o processo de maturidade e atingem a fase reprodutiva ainda com tamanho reduzido (exemplos: tilápias, carpas e algumas espécies nativas). Nessas condições, o pequeno tamanho do peixe à puberdade prejudica seu rendimento como reprodutor. Assim, o tamanho de primeira maturidade é variável dependendo principalmente da espécie e das condições de sua manutenção em cativeiro.

Migração

Peixes realizam deslocamentos no meio aquático durante as diferentes fases de sua vida e com objetivos variados. Muitas das espécies, marinhas e de água doce, no entanto, não se deslocam e, por isso, permanecem ao

longo de toda sua vida num ambiente comparativamente restrito. Os peixes de piracema, como são conhecidos no Brasil os que realizam migrações reprodutivas, apresentam padrões de deslocamentos de alta complexidade (Godinho e Pompeu, 2003). Em razão dessa complexidade, o estudo de padrões migratórios de peixes brasileiros ainda é incompleto e muitas questões relativas ao tema ainda estão para serem respondidas. O padrão mais simples de migração reprodutiva consiste no deslocamento do sítio de alimentação para o de desova. Nesse modelo, classicamente conhecido em alguns peixes fluviais brasileiros (Godoy, 1975), o deslocamento é feito no sentido de jusante para montante (isto é, em direção às cabeceiras da bacia hidrográfica). Todavia, recentemente demonstrou-se, através de estudos de radiotelemetria, que o deslocamento pode ser feito também de montante para jusante (Godinho e Kynard, 2006; Godinho *et al.*, no prelo). Os trabalhos pioneiros de Godoy (1975) demonstraram que espécies de piracema do sistema dos rios Grande-Pardo-Mogi Guaçu deslocam-se do sítio de alimentação situado no rio Grande, onde permanecem durante longo período do ano, até o sítio de desova no alto Mogi Guaçu, num trajeto de ~ 600 km.

Ciclo reprodutivo

A reprodução dos peixes é cíclica, correspondendo a um período de repouso intercalado por períodos de atividade sexual os quais finalizam com o surgimento de nova prole. No período de repouso, as gônadas estão com tamanho reduzido, contendo apenas células gametogênicas em fases iniciais de desenvolvimento. Com o progresso do ciclo, elas acumulam espermatozóides ou ovócitos vitelogênicos até alcançar o pico no momento da reprodução. Em razão do acúmulo dessas células, as gônadas sofrem mudanças radicais em sua constituição, alterando sua aparência e peso. O ciclo reprodutivo dos peixes está vinculado às variações de temperatura e ao regime de chuvas (Bazzoli, 2003). O verão, quente e chuvoso, coincide com a estação reprodutiva da maioria dos peixes brasileiros da região Sudeste.

Com base nas alterações morfo-funcionais das gônadas, o ciclo reprodutivo dos peixes pode ser dividido nos seguintes estádios (Bazzoli, 2003):

1. repouso: neste estádio, as gônadas estão com o menor tamanho registrado no ciclo, são delgadas e translúcidas; o repouso ocorre nos meses mais frios e secos do ano;
2. em maturação: aqui as gônadas iniciam o processo de gametogênese e acumulam gradualmente seus produtos, fazendo aumentar seu peso.
3. maturação avançada/maduro: neste estádio, as papilas genitais apresentam-se avermelhadas e o ventre, especialmente das fêmeas, abaulado; as gônadas atingem seu maior peso e volume; os machos podem liberar sêmen quando sua parede celômica é pressionada; o estádio maduro é alcançado nos meses de verão.
4. esgotado: corresponde ao período que se segue à reprodução; em consequência da eliminação dos gametas, as gônadas estão reduzidas em tamanho, flácidas e sanguinolentas; ocorre intensa reorganização das gônadas que, em breve, estarão em repouso.

Tipo de desova

Na época da reprodução, as fêmeas liberam seus ovócitos maduros de uma única vez (peixes de desova total) ou em várias parcelas (desova parcelada) ao longo de um período reprodutivo (Vazzoler, 1996). Os peixes de desova total são de grande porte, migradores e desovam no leito dos rios. Por outro lado, os peixes de desova parcelada desovam em águas mais calmas e estáveis (lagos, reservatórios, remansos); suas várias posturas ao longo do período reprodutivo têm o propósito de reduzir a predação sobre a prole e a competição entre seus indivíduos por alimento e abrigo. Quando induzidos à reprodução em estações de piscicultura, os peixes de piracema tendem a liberar os ovócitos maduros de uma só vez. É possível que peixes migradores possam ser induzidos à desova mais de uma vez num único período reprodutivo, quando mantidos em condições especiais em tanques de piscicultura (ex.: tambaqui; Pinheiro e Silva, 1988).

Tipo de ovo

A superfície dos ovos dos peixes apresenta características físico-químicas que os tornam adesivos ou não (Rizzo *et al.*, 2002). A adesividade pode ocorrer pela agregação de ovos entre si ou pela adesão ao substrato. A intensidade da adesão é variável segundo as espécies – de fortemente adesivo (ex.: trairão, traíra e pacamã) a levemente adesivo (ex.: lambari-do-rabo-amarelo). Em geral, ovos adesivos são de peixes sedentários, de desova parcelada, e estão submetidos aos cuidados dos pais. Esses ovos são em geral de grande tamanho (até 5 mm de diâmetro; Vazzoler, 1996) e quando em contato com a água, após a desova, hidratam-se pouco (Sato *et al.*, 1996a). Estruturas de morfologia complexa recobrem a casca dos ovos adesivos (Rizzo *et al.*, 2002).

Quanto aos ovos não adesivos (ou livres), a estrutura de sua casca é lisa ou dotada de estruturas muito mais simples do que aquelas observadas nos ovos adesivos. Os ovos de peixes de piracema são livres e, em

condições de reprodução natural, são carreados rio abaixo. Desse modo, eles não estão sujeitos a nenhum tipo de cuidado parental. São menores que os ovos dos peixes sedentários (< 1,5 mm; Vazzoler, 1996) e, quando hidratados, aumentam muito seu diâmetro (Sato *et al.*, 1996b; 1997; 2000).

Fecundidade e fertilidade

Fecundidade (absoluta) é o número de ovócitos que uma fêmea irá desovar no próximo período reprodutivo. A fecundidade relativa leva em consideração o peso corporal ou o comprimento da fêmea (isto é, o número de ovócitos/unidade de peso corporal ou número de ovócitos/unidade de comprimento). Os peixes de piracema são altamente fecundos (até algumas centenas de milhares de ovócitos/kg de fêmea; Godinho *et al.*, 1997) enquanto os sedentários desovam um número bem menor por desova (Andrade *et al.*, 1998), o que é compensado pelas desovas múltiplas realizadas ao longo do período reprodutivo. Assim, é importante reconhecer fecundidade por lote de desova e por período reprodutivo (Vazzoler, 1996).

Por várias razões, o número de ovócitos esperados numa desova é geralmente menor do que aquele obtido (Sato *et al.*, 1996b; 1997; 2000). Assim, uma outra variável, a fertilidade, adquire importância prática nas estações de piscicultura. Fertilidade indica o número de ovócitos realmente desovados por lote ou por período reprodutivo (Sato *et al.*, 2003).

Sinalização da ovulação

A sinalização da ovulação é um comportamento mais facilmente observado, por razões óbvias, em estações de piscicultura. Algumas espécies (especialmente os de escama) sinalizam o momento da ovulação que é seguido imediatamente pela desova. Nos tanques ou aquários onde são mantidas as fêmeas submetidas ao tratamento hormonal, esse momento é indicado por uma movimentação em forma de carrossel executada pelos reprodutores. Quando os machos estão presentes, eles acompanham as fêmeas nessa movimentação. Os peixes de couro não demonstram sinais durante esse período.

Desova e fertilização

As inúmeras dificuldades que se apresentam no estudo de desova e fertilização de peixes de piracema na natureza são, em parte, responsáveis pelos conhecimentos escassos disponíveis acerca dessa importante área da reprodução. No sudeste do Brasil, a coincidência entre desova e elevação do nível dos rios na estação chuvosa (Jiménez-Segura *et al.*, 2003) pode ser apontada como uma das principais dificuldades de seu estudo. Desovas “naturais” (isto é, sem intervenção humana) têm sido conduzidas, com sucesso, em estações de piscicultura voltadas para a produção de alevinos destinados à comercialização e ao repovoamento.

Um das informações relevantes oriundas de observações feitas na natureza acerca da reprodução de peixes de piracema e a de que uma fêmea é acompanhada por vários machos durante o ato da desova (Godinho *et al.*, 1997). Esse fato implica em que a fertilização seja feita por vários machos o que asseguraria a variabilidade genética da prole.

A desova e a fertilização de peixes sedentários são bem mais conhecidas do que as de peixes de piracema em razão da facilidade de se observar os reprodutores na natureza ou em tanques de piscicultura (Ribeiro e Gontijo, 1984; Querol *et al.*, 2003).

Embriogênese

Embriogênese é considerada neste artigo como sendo o período compreendido entre a fertilização e a eclosão do ovo. A duração da embriogênese é influenciada pela temperatura, isto é, em temperaturas mais altas a duração é menor (Sato *et al.*, 2000). Ela é expressa em horas-grau (HG) obtida pela soma das temperaturas da água, a cada hora, durante o evento. Em geral, a embriogênese dos peixes de piracema é mais curta e a eclosão ocorre em < 500 HG enquanto que a de sedentários situa-se > 1000 HG (Sato *et al.*, 2003). O fechamento do blastóporo é considerado evento da embriogênese importante em aqüicultura pois indica o momento adequado para se estimar taxas de fertilização.

Características das larvas

O termo *larva* é aqui utilizado para indicar o período da vida do peixe compreendido entre a eclosão e o enchimento da bexiga gasosa (Wojnarovich e Horváth, 1980). Esse período corresponde ao de estágio de pré-flexão (Ahlstrom e Ball, 1954) ou protolarva (Araújo-Lima *et al.*, 1993). Os registros dos seguintes eventos do desenvolvimento larval são de relevância para a larvicultura: tamanho à eclosão, duração (absorção) do saco vitelino, presença de órgão adesivo, pigmentação da retina, abertura da boca e do lúmen intestinal, flexão da



notocorda, desenvolvimento das nadadeiras, enchimento da bexiga gasosa e padrão de pigmentação cutânea (Santos e Godinho, 1994; 1996; 2002).

Volume de sêmen

A quantidade de sêmen (volume e número de espermatozóides) produzido por peixes varia de acordo com a espécie, o indivíduo e o método de coleta, entre outras variáveis. Tratamento hormonal aplicado algumas horas antes da coleta é comumente utilizado para se aumentar o volume de sêmen coletado. Esse tratamento facilita a coleta porque induz hidratação testicular que causa aumento do volume de sêmen. Porém, paralelamente, ocorre redução da concentração espermática (Billard *et al.*, 1987; Viveiros *et al.*, 2002).

Concentração espermática

A concentração espermática (número de espermatozóides/mL de sêmen), parâmetro de importância em aqüicultura, é altamente variável e depende da espécie e indivíduo.

Preservação de sêmen a curto e longo prazos

O sêmen de peixes pode ser mantido viável por algumas horas quando resfriado em temperaturas pouco acima do congelamento (Marques e Godinho, 2004). Essa prática facilita o processo de fertilização de ovos em estações de piscicultura, pois o sêmen pode ser coletado algumas horas antes da ovulação ocorrer. Na preservação a longo prazo (criopreservação), o sêmen congelado pode ser mantido em bancos de sêmen por prazo indeterminado (Carolsfeld *et al.*, 2003; Melo e Godinho, 2006). Dentre as aplicações de banco de sêmen de peixes em aqüicultura, destacam-se: i) redução ou eliminação do número de reprodutores (machos) mantidos na estação com conseqüente redução de custos; ii) eliminação do problema da assincronia da atividade reprodutiva entre reprodutores, quando estes não estão preparados simultaneamente para a reprodução, como não raramente ocorre; iii) estabelecimento de programas de melhoramento genético com a utilização de machos selecionados (Godinho, 2000).

Parâmetros reprodutivos associados à produção de alevinos

No intuito de se estabelecer um protocolo realístico de produção de alevinos, uma série de parâmetros reprodutivos deve ser avaliada quanto ao número de alevinos que se propõe a produzir. Conhecidos esses parâmetros, será possível dimensionar as necessidades do empreendimento em termos do plantel de reprodutores e da produção de alevinos.

Parâmetros comuns às fêmeas

Os parâmetros comuns às fêmeas de uma determinada espécie são:

1. dimorfismo sexual: importante para reconhecer machos e fêmeas, especialmente durante o estágio de repouso;
2. tamanho (idade) de primeira maturação sexual: o conhecimento deste parâmetro é imprescindível no estabelecimento do plantel de reprodutores;
3. época de desova: em geral, o ciclo reprodutivo em tanques de piscicultura é semelhante ao que ocorre na natureza; todavia, podem ocorrer variações regionais e temporais, especialmente em decorrência de variações de temperatura da água;
4. migração: o manejo dos reprodutores deve estar ajustado às condições de migração ou sedentarismo da espécie em foco;
5. tipo de desova: é dependente da espécie, isto é migradora (desova total) ou sedentária (desova parcelada);
6. indução da ovulação (tratamento hormonal através de hipofiseação): peixes migradores, quando mantidos em cativeiro, necessitam de tratamento hormonal para atingir maturação ovocitária; peixes sedentários, dadas condições adequadas, ovulam e desovam (expelem os ovócitos) naturalmente em tanques de estações de piscicultura onde são fertilizados pelos machos presentes; desovas e fertilizações “naturais” também podem ser obtidas em peixes migradores sob tratamento hormonal; em determinadas condições, a extrusão dos ovócitos é manual e a fertilização é feita “a seco” (Woyanovich e Horváth, 1980).
7. tipo de ovo: as características dos ovos, adesivos ou livres, determinam o tratamento a ser dado a eles em relação ao manejo, especialmente quanto à etapa de incubação;
8. tamanho do ovo: os diâmetros dos ovos não-hidratado e hidratado condicionam seu manejo, especialmente para a proporção correta de ovos/incubadora;

9. horas-grau à extrusão: o registro de sinalização da ovulação é importante; a sinalização é uma indicação razoavelmente precisa do momento da ovulação; nesse caso, a extrusão manual de fêmeas migradoras deve ser conduzida imediatamente. Após ovulados, os ovócitos perdem rapidamente sua capacidade de fertilização (Rizzo *et al.*, 2003);
10. horas-grau à eclosão: importante para o manejo de embriões e larvas
11. número de ovos/g de ova: este parâmetro permite estimar-se o número de ovos/fêmea/desova.

Parâmetros individuais das fêmeas

Embora sejam característicos da espécie, alguns parâmetros relativos à fêmea apresentam maior grau de variação; por isso, devem ser obtidos para cada indivíduo do plantel:

1. índice gonadossomático (IGS= peso da ova + peso dos ovários esgotados x 100/peso corporal): a determinação do IGS requer o sacrifício da fêmea para a obtenção do peso dos ovários após a extrusão; assim, ele pode ser obtido especialmente quando se deseja certificar-se da eficiência do manejo dos reprodutores, do tratamento hormonal, bem como do processo de extrusão;
2. índice de desova (ID = peso da ova x 100/peso corporal da fêmea): este índice indica o rendimento da desova (em porcentagem) em relação ao peso corporal; ele avalia, menos drasticamente (isto é, sem a necessidade de se sacrificar a fêmea), a eficiência do tratamento hormonal e da extrusão;
3. fecundidade absoluta (FA = número de ovócitos extruídos + número dos ovócitos ovulados retidos nos ovários): o estabelecimento deste parâmetro também exige o sacrifício da fêmea; por isto, deve ser utilizado em circunstâncias especiais; ele fornece indicações mais precisas do que o ID;
4. fecundidade relativa (FR = fecundidade absoluta/ unidade de peso corporal): a fecundidade relativa é relevante na determinação das necessidades da estação quanto ao peso total do plantel de fêmeas necessário ao cumprimento do planejamento; entretanto, tendo em vista que ele é dependente da FA, sua utilização acompanha as limitações impostas à obtenção da FA;
5. fertilidade inicial (FI= número de ovócitos extruídos/fêmea) e fertilidade inicial relativa (FIR = número de ovócitos extruídos/g de fêmea): estes parâmetros são mais úteis ao manejo em aquicultura do que os de fecundidade; para sua determinação são utilizados dados obtidos na prática da hipofisacção; eles são utilizados na avaliação da eficiência do manejo da reprodução (manejo dos reprodutores, eficiência da hipofisacção e do processo de extrusão).
6. taxa de fertilização (TF = número de ovos viáveis x 100/número total de ovos): este parâmetro, obtido com ovos viáveis (ovos embrionados no estágio de fechamento do blastóporo), é um indicador seguro da qualidade dos ovócitos, do sêmen, do processo de fertilização e da embriogênese;
7. fertilidade final (FF = número de ovos viáveis/fêmea) e fertilidade final relativa (FFR= número de ovos viáveis/g de fêmea): estes parâmetros servem para avaliar o rendimento da embriogênese; em geral, a fertilidade final é menor do que a fertilidade inicial.

Parâmetros relativos aos machos

Os parâmetros relativos a serem avaliados quanto aos machos são:

1. tratamento hormonal: deve-se avaliar sua necessidade para cada espécie;
2. volume e concentração espermática: em geral, o volume de sêmen de um macho, obtido por meio de massagem celômica, é suficiente para fertilizar os ovos de uma fêmea; entretanto, recomenda-se que maior número de machos seja utilizado a fim de se evitar consangüinidade na prole;
3. Além desses parâmetros, as técnicas abaixo podem ser utilizadas em estações com diferentes finalidades:
4. Iestocagem em curto prazo: está é uma técnica de fácil aplicação e que, além de facilitar o trabalho na estação, permite a utilização de número maior de machos;
5. criopreservação: é uma técnica mais elaborada que exige equipamentos e materiais especiais.

Comentários finais

Embora o Brasil seja detentor da mais rica fauna de peixes de água doce do mundo, apenas 1,5% de suas espécies são utilizadas em aquicultura, não incluídas as não menos importantes espécies ornamentais. O número atual de espécies envolvidas é significativamente maior do que aquele sugerido há 20 anos (Saint-Paul, 1986), o que significa extraordinária expansão de opções de utilização. Possivelmente, outras espécies futuramente serão incluídas nesta atividade. A variedade de histórias de vida apresentadas pelas espécies é um fator que dificulta sua exploração comercial conjunta. Além disso, outro fator limitante é a deficiência ou ausência de dados científicos acerca de sua biologia, especialmente, da reprodutiva. Mesmo assim, alevinos de espécies das quais não há quase nenhuma informação disponível são encontrados à venda. Em razão da



deficiência de conhecimentos em biologia da reprodução, a EMBRAPA considera prioritário o desenvolvimento de projetos de pesquisa na área. No presente trabalho, a exposição resumida de estratégias reprodutivas de interesse em aqüicultura mostrou a importância de seu papel na gestão e produção piscícolas. Estudos de biologia reprodutiva devem ser conduzidos tendo em vista o ambiente de estações de piscicultura. Gametogênese e ciclo reprodutivo são duas áreas básicas nas quais devem ser investidos esforços de pesquisa. Em relação às fêmeas, tamanho de maturidade sexual (puberdade), indução da desova e determinação da fecundidade e da fertilidade são áreas aplicadas prioritárias. Em relação aos machos, a preservação de sêmen a curto e longo prazos é, possivelmente, um dos tópicos que merecem imediata consideração.

Referências

- Ahlstrom EH, Ball, OP.** Description of eggs and larvae of mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fish Bull*, v.56, p.209-245, 1954.
- Andrade DR, Vidal Jr MV, Shimoda E.** Criação do trairão *Hoplias lacerdae*. *UENF Bol Téc*, v. 3, n.4, 1988. 23p.
- Andrade DR, Yasui, GS.** O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. *Rev Bras Reprod Anim*, v.27, p.166-172, 2003.
- Araújo-Lima CARM, Kirovsky AL, Marca AG.** As larvas dos pacus, *Mylossoma* spp. (Teleostei, Characidae), da Amazônia Central. *Rev Bras Biol*, v.53, p.591-600, 1993.
- Bazzoli N.** Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. In: Godinho HP, Godinho AL (Org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco da Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p.291-306.
- Billard R, Bieniarz K, Popek W, Epler P, Breton B, Alagarswami K.** Stimulation of gonadotropin secretion and spermiation in carp by pimozide-LHR-A treatment: effects of dose and time of day. *Aquaculture*, v.62, p.161-170, 1987.
- Breder WP, Rosen DE.** *Modes of reproduction in fishes*. New York: Natural History Press, 1966.
- Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS** (Ed.). *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.
- Camargo, SGO, Pouey JLOF.** Aqüicultura: um mercado em expansão. *Rev Bras Agrocienc*, v.11, p.393-396, 2005.
- Carolsfeld J, Godinho HP, Zaniboni Filho E, Harvey BJ.** Cryopreservation of sperm in Brazilian migratory fish conservation. *J Fish Biol*, v.63, p.472-489, 2003.
- Coward K, Bromage NR, Hibitt O, Parrington, J.** Gamete physiology, fertilization and egg activation in teleost fish. *Rev Fish Biol Fish*, v.12, p.33-58, 2002.
- Godinho HP.** Criopreservação de sêmen de peixes. *Inf Agropec*, Belo Horizonte, v.21, p.16-20, 2000.
- Godinho AL, Kynard B.** Migration and spawning of radio-tagged zulega (*Prochilodus argenteus*, Prochilodontidae) in a dammed Brazilian River. *Trans Am Fish Soc*, v.135, p.811-824, 2006.
- Godinho, AL, Kynard B, Godinho HP.** Migration and spawning of female surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*, Pimelodidae) in the São Francisco river, Brazil. *Environ Biol Fish*, DOI 10.1007/s10641-006-9141-1.
- Godinho HP, Miranda MOT, Godinho AL, Santos JE.** Pesca e biologia do surubim *Pseudoplatystoma corruscans* no rio São Francisco. In: Miranda MOT (Org.). *Surubim*. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p.27-42.
- Godinho AL, Pompeu PS.** A importância dos ribeirões para os peixes de piracema. In: Godinho HP, Godinho AL (Org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco da Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p.361-372.
- Godoy MP.** *Peixes do Brasil*. Franciscana: Piracicaba, 1975.
- Jiménez-Segura LF, Godinho AL, Petreire Jr M.** As desovas de peixes no alto-médio São Francisco. In: Godinho HP, Godinho AL (Org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco da Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p.373-387.
- Marques S, Godinho HP.** Short-term cold storage of sperm from six Neotropical Characiformes fishes. *Braz Arch Biol Tech*, v.47, p.799-804, 2004.
- Melo FCSA, Godinho HP.** A protocol for sperm cryopreservation of the vulnerable fish *Brycon orthotaenia* (Characiformes, Characidae). *Anim Reprod*, v.3, p.380-385, 2006.
- Okuzawa K.** Puberty in teleosts. *Fish Physiol Bioch*, v.26, p.31-41, 2002.
- Patiño R, Sullivan CV.** Ovarian follicle growth, maturation and ovulation in teleost fish. *Fish Physiol Bioch* v.26, p.57-70, 2002.
- Pinheiro JLP, Silva MCN.** *Tambaqui (Colossoma macropomum – Cuvier, 1818): ampliação do período de desova*. Brasília, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), 1988.
- Queiroz, JF, Lourenço JNP, Kitamura PC.** *A Embrapa e a aqüicultura: demandas e prioridades de pesquisa*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.



- Querol MVM, Querol E, Pessano E, Azevedo, CLO, Tomassoni D, Brasil L, Lopes P.** Reprodução natural e induzida de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794), em tanques experimentais, na região de Uruguaiana, Pampa Brasileiro. *Biod Pamp*, v.1, p.46-57, 2003.
- Ribeiro DM, Gontijo VM.** Reprodução do trairão em cativeiro. *Inf Agropec*, v.10, n.110, p20-25, 1984.
- Rizzo E, Godinho HP, Sato Y.** Short-term storage of oocytes from the neotropical teleost fish *Prochilodus marginatus*. *Theriogenology*, v.60, p.1059-1070, 2003.
- Rizzo E, Sato Y, Barreto BP, Godinho HP.** Adhesiveness and surface patterns of eggs in neotropical freshwater teleosts. *J Fish Biol*, v.61, p.615-632, 2002.
- Saint-Paul U.** Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, v.54, p.205-240, 1986.
- Santos JE, Godinho HP.** Larval ontogeny and swimming behaviour of the leporin fish *Leporinus elongatus* (Valenciennes, 1874) under experimental conditions. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v. 48, supl. 1, p.109-116, 1996.
- Santos JE, Godinho HP.** Morfogênese e comportamento larvais do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans* Agassiz, 1829) sob condições experimentais. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.46, p.139-147, 1994.
- Santos JE, Godinho HP.** Ontogenic events and swimming behavior of larvae of the characid fish *Salminus brasiliensis* (Cuvier) (Characiformes, Characidae) under laboratory conditions. *Rev Bras Zool*, v.19, p.163-171, 2002.
- Sato Y, Cardoso EL, Godinho AL, Godinho HP.** Hypophysation of the anostomid fish white-piau *Schizodon knerii* from the Rio São Francisco basin. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.48, supl. 1, p.63-70, 1996a.
- Sato Y, Cardoso EL, Godinho AL, Godinho HP.** Hypophysation of the fish *Prochilodus affinis* from the Rio São Francisco basin, Brazil. *Arq Bras Med Vet Zootec*. v.48, supl. 1, p.55-62, 1996b.
- Sato Y, Fenerich-Verani N, Godinho HP.** Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco. In: Godinho HP, Godinho AL. (Org.). *Águas, peixes e pescadores do São Francisco da Minas Gerais*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p.257-289.
- Sato Y, Fenerich-Verani N, Godinho, HP, Verani JR, Vieira, LJS.** Reprodução induzida do matrinchã *Brycon lundii* Reinhardt, 1877, da bacia do rio São Francisco. In: Seminário Regional de Ecologia, 8., 1997, São Carlos, SP, *Anais ... São Carlos, SP, UFSCar*, 1997. v.8, p.353-359.
- Sato Y, Fenerich-Verani N, Verani JR, Vieira LJS, Godinho, HP.** Induced reproductive responses of the neotropical anostomid fish *Leporinus elongatus* Val. under captive breeding. *Aquacult Res*, v.11, p.189-193, 2000.
- Valenti WC, Poli CR, Pereira JA, Borghetti JR.** *Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq, 2000.
- Vazzoler, AEAM.** *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 1996.
- Viveiros ATM, Fessehay Y, ter Veld M, Schulz RW, Komen, J.** Hand-stripping of semen and semen quality after maturational hormone treatments, in African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*, v.213, p.373-386, 2002.
- Wallace RA, Selman K.** Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *Am Zool*, v.21, p.325-343, 1981.
- Woynarovich E, Horváth L.** *The artificial propagation of warm-water finfishes: a manual for extension*. Rome: FAO, 1980. (FAO Fish Tech Pap, 201).