

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Centro de Aqüicultura
Campus Jaboticabal

Comparação entre sistemas intensivos de criação para larvas de Colossoma macropomum e Brycon orbignyanus (Teleostei, Characiformes).

Marcelo Mattos Pedreira

Tese apresentada no Centro de Aqüicultura -
UNESP como parte das exigências para obtenção do
Título de DOUTOR em Aqüicultura - Área de
concentração em Biologia de Organismos Aquáticos

JABOTICABAL
Estado de São Paulo - Brasil
2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Centro de Aqüicultura
Campus Jaboticabal

Comparação entre sistemas intensivos de criação para larvas de Colossoma macropomum e Brycon orbignyanus (Teleostei, Characiformes).

Orientado: Marcelo Mattos Pedreira

Orientadora: Profa. Dr^a. Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Tese apresentada no Centro de Aqüicultura -
UNESP como parte das exigências para obtenção do
Título de DOUTOR em AQUICULTURA - Área de
concentração em Biologia de Organismos Aquáticos

JABOTICABAL
Estado de São Paulo - Brasil
2001

Dedico esta tese aos meus pais que me colocaram neste caminho apoiando-me, incondicionalmente, em todos os campos, do sentimental ao financeiro.

Dedico também à minha esposa, nova companheira de jornada e à minha irmã, que tanto torce para que tudo dê certo na tese, desde que eu não abra a boca sobre este assunto, perto dela.

Agradecimentos

À Dra. Lúcia Helena Sipaúba Tavares, pela orientação e sugestões determinantes na conclusão deste trabalho.

À Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro, que possibilitou a realização desta tese.

À Silvia Regina L. de Laurentiz, pela auxílio nas análises laboratoriais.

Ao Dr. Wagner Cotroni Valenti, pelo apoio logístico a este experimento.

Ao Dr. Euclides, pela colaboração nas análises estatísticas.

Ao Dr. Francisco Manuel de Souza Braga, pelas sugestões de análises estatísticas e pela participação como membro de minha Comissão Examinadora do Exame de Tese de Doutorado.

Aos Dr. Roberto Goitein, Dr. José Augusto Senhorini e Dra. Márcia Noéli Eller pela participação como membros de minha Comissão Examinadora do Exame de Tese de Doutorado. Agradeço também os Suplentes Dr. Raoul Henry, Dra. Jandira Liria Biscalquini Talamoni e a Dra. Marlene Arcifa.

Ao Dr Newton Castagnolli, pela seção do laboratório de Piscicultura Intensiva, onde foi realizada a primeira etapa desta tese.

Às Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG), pela cessão das larvas para estes experimentos.

Às Dras. Isabel Cristina Boleli e Dra. Laura Satiko Okada Nakaghi, pelo inestimável apoio na análise morfológica das larvas.

Ao PqC Sérgio Ostini e ao MSc Afonso Pelli, pelas sugestões.

Ao Marcelo Assano, por auxílios diversos.

À Dra. Ruth Gazola de Freita Andrade, pelos conselhos e observações.

A todos os docentes do CAUNESP, pela boa vontade e colaboração no dia a dia de convívio.

Aos colegas Veralice, Dona Alta, Dona Ana, Fátima, Polaccini, Vadencir, Fieno, Márcios, Mauro, Monica, Juliana, Sueli, Dra. Cristininha, Dr. João Batista, Dr. Maurício, Lili, Rosineide, Rosi, Eduardo, Redelvim, Carlo, Marcelo Book, Flavião, Juliana, Gaúcho, Richard, Tesser, Twin, Rodrigão, Sérgio Zaiden, Coléte, Colherinhas, Adriana, Mariana, Sandrinha, Alfredo, Cláudia e a todos mais que conviveram comigo nestes anos de CAUNESP.

Pedreira, Marcelo Mattos
P371c Comparação entre sistemas intensivos de criação para larvas de Colossoma macropomum e Brycon orbignyanus / Marcelo Mattos Pedreira. – Jaboticabal, 2001
iv, 82p. : il. ; 28 cm

Tese (Doutor)-Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, 2001

Orientadora: Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Banca examinadora: José Augusto Senhorini, Márcia Noéli Eller, Roberto

Goitein, Francisco Manuel de Souza Braga

Bibliografia

1. Sistemas intensivos. 2. Brycon orbignyanus. 3. Colossoma macropomum. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aqüicultura.

Ficha Catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação
e-mail: marmape@zipmail.com.br

Introdução

Em função das mudanças que a larva sofre durante seu desenvolvimento, o conhecimento de suas características, o funcionamento das estruturas de criação e o monitoramento da qualidade de água são necessários para adequar o manejo de criação.

A manutenção da qualidade da água, utilização de uma presa de fácil percepção e tamanho adequado em cada fase de desenvolvimento da larva, juntamente com um sistema de criação adequado às características da espécie cultivada contribuirão para um aumento na eficiência de produção.

De acordo com Sipaúba-Tavares (1993), a criação de larvas de peixes em laboratório permite investigações detalhadas sobre hábitos alimentares, comportamento e tolerância desses organismos aos diferentes ambientes, que serão imprescindíveis para a otimização de pesquisas de cunho prático.

Este trabalho objetivou conhecer mecanismos que melhorem as condições de criação e mitiguem o alto índice de canibalismo nos estágios iniciais de desenvolvimento das larvas de Brycon orbignyanus e a influência da cor na sobrevivência das larvas de Colossoma macropomum. Para isso foram empregados tamanhos de partículas alimentares com e sem acréscimo de ração, além de serem elaborados sistemas de criação com características distintas. Como forma de monitorar o funcionamento dos experimentos, foram observados a sobrevivência e desenvolvimento das larvas e algumas variáveis limnológicas.

Características dos Peixes Estudados Tambaqui

O tambaqui Colossoma macropomum é uma espécie nativa das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, sendo o segundo maior peixe de escamas da região (Zaniboni Filho 1997).

Na região do rio Amazonas a carne é apreciada, sendo o maior mercado em Manaus, no entanto, a pesca vem submetendo a espécie a uma depleção populacional (Araújo-Lima e Goulding 1997).

O tambaqui tem sido descrito como uma espécie promissora para o crescimento da aqüicultura na América Latina (Saint-Paul 1989), sendo recomendado tanto para a criação em tanques, como para o povoamento de represas na pesca esportiva (Woynarovich 1986).

No ambiente natural alimenta-se, na época das inundações, de uma grande variedade de frutos e sementes de árvores e arbustos e na vazante, o plâncton torna-se o principal alimento. Em criações alimenta-se com uma ampla variedade de produtos de origem animal e vegetal. Respondem bem a reprodução induzida, são rústicos ao manejo e apresentam rápido crescimento (Woynarovich 1986, Araújo-Lima e Goulding 1997).

Zaniboni Filho (1997) descreveu que apesar da limitada tolerância a baixas temperaturas, o tambaqui tem apresentado elevados valores de crescimento na região sul, superando o desempenho encontrado para o pacu. Entretanto, na região Sudeste onde a temperatura é mais elevada são observadas altas mortalidades de tambaqui, devido a baixas temperaturas.

Alguns trabalhos foram conduzidos com as larvas de tambaqui, observando-se que se alimentam de fito e zooplâncton (Sipaúba-Tavares 1993) e que podem ser criadas alimentadas somente com zooplâncton (Araújo-Lima e Goulding 1997), selecionando preferencialmente Cladocera (Fregadolli 1993). Ainda são encontradas descrições de larviculturas do tambaqui (Woynarovich 1986, Senhorini et al. 1988) e determinação do tamanho ideal da partícula alimentar para alevinos (Cantelmo e Ribeiro 1994), destacando a importância da criação da espécie.

Piracanjuba

O gênero Brycon, dentre os Characiformes, é um dos que apresenta o maior número de espécies, com mais de 60 espécies nominais, sendo 40 válidas, encontradas na América Central e América do Sul (Howes 1982), das quais, a piracanjuba (Brycon orbignyanus) (Figura 1) e o matrinxã (B. cephalus) são representantes da Bacia do Paraná e Amazônica, respectivamente (Géry e Mahnert 1992).

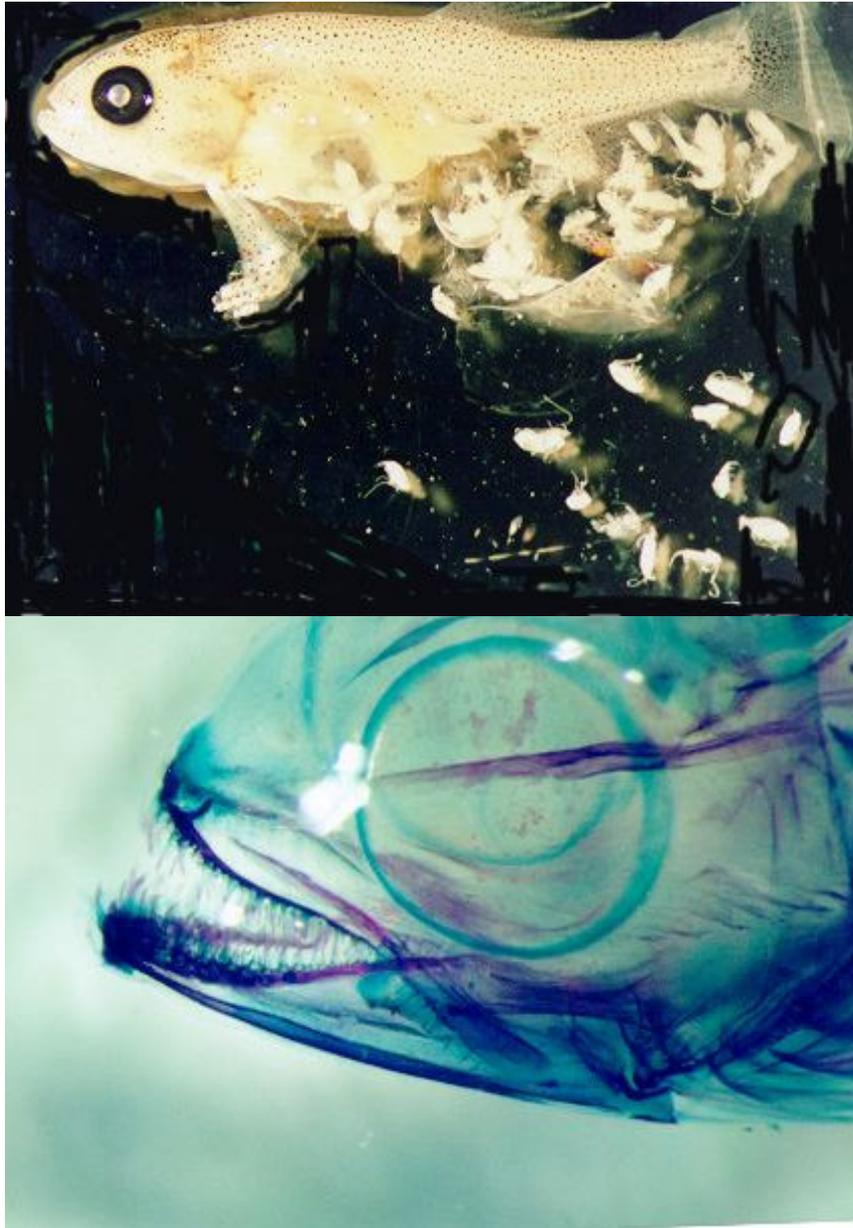


Figura 1. Imagens da larva de piracanjuba Brycon orbignyianus, com o trato digestivo aberto (acima) e cabeça da larva diafanizada (abaixo).

A piracanjuba, abundante em décadas passadas, atualmente sofre uma redução drástica na reprodução e sobrevivência de alevinos, em

decorrência da destruição das matas ciliares, poluição, represamento e diminuição das lagoas marginais, devido à operacionalização de usinas hidrelétricas ou mesmo sua drenagem para o aproveitamento agrícola (Ceccarelli e Senhorini 1996), contudo, o B. orbignyanus ainda pode ser encontrada em rios da na bacia do Rio Grande.

Quanto à importância comercial do Brycon, a piracanjuba (B. orbignyanus B. lundii, Triurobrycon lundii) e a piraputanga (B. hilarii) são espécies de alto valor para o consumo, porém difíceis de encontrar no mercado devido à sua escassez (Ceccarelli e Senhorini 1996). Já o B. cephalus é uma espécie bem aceita no mercado consumidor e nos pesquepagues da região sudeste, onde começa a ser cultivada em tanques rede (Carvalho et al. 1997), além de ser uma das espécies mais desembarcadas em Porto Velho e Manaus (Graef 1993). O B. hilarri foi classificado como de primeira classe entre uma série de espécies de peixes de importância comercial no mercado de Manaus (Honda 1972).

Contudo, a representatividade dos peixes nativos na aquicultura da América do Sul ainda é relativamente pequena e pesquisas que possam levar a um aumento na produtividade terão como consequência o incremento no mercado dessas espécies, entre as quais pode-se destacar o gênero Brycon.

O gênero Brycon, além da ampla distribuição e importância pesqueira, apresenta um potencial para piscicultura, devido a algumas de suas características. Respondendo positivamente à reprodução induzida, como no caso de B. erythropterus (Ecikmann 1984) e do B. orbignyanus (Romagosa et al. 1995, Dumont-Neto et al. 1997), as larvas aceitam como alimento o zooplâncton e ração (Ecikmann 1984, Senhorini 1999, Alvarez 1999), apresentando bom crescimento em peso (B. cephalus) (Lopes et al. 1994) e rusticidade ao manejo (Soares 1989). Adaptam-se a ambientes confinados, como o B. erythropterus e B. cephalus (Guevara et al. 1979, Graef 1993), apresentando um filé de categoria A para o consumo humano (Antunes 1994).

Nos últimos anos, essas qualidades vêm despertando grande interesse nas instituições de pesquisa, constituindo as espécies deste gênero em uma alternativa para o desenvolvimento da piscicultura no Brasil.

Apesar do sucesso das primeiras pesquisas aplicadas à criação de

adultos e dos resultados promissores obtidos por Alvarez (1999) com larvas de piracanjuba, há carência de estudos sobre o Brycon nos primeiros estágios de desenvolvimento, sendo um entrave para a produção maciça e gerando a necessidade do aprimoramento de tecnologia para a produção das larvas e alevinos. Um dos graves problemas na criação de larvas das espécies do gênero Brycon é o canibalismo, manifestado pela piracanjuba em seu “período-crítico”, em torno de 30 a 40 horas após a eclosão (Ceccarelli e Senhorini 1996, Ceccarelli 1997, Dumont-Neto et al. 1997), período em que apresenta quantidades razoáveis de vitelo.

Ceccarelli (1997) demonstrou que o canibalismo na fase inicial de desenvolvimento é uma das principais dificuldades encontradas no manejo do Brycon durante a larvicultura, com alta taxa de mortalidade, podendo estar associado à insuficiência de alimento adequado.

Ostrowski et al. (1996) observaram, que as taxas de canibalismo foram inversamente correlacionadas com a taxa de sobrevivência, e que quanto maior o predador, maior era a sua eficiência, o que agravava o canibalismo. Larvas de Brycon atacam suas irmãs menores ou de tamanho similar, podendo morrer por não conseguir engolir completamente a presa (Ceccarelli 1997).

Apesar do canibalismo, a tecnologia aplicada à larvicultura e alevinagem de Brycon é basicamente a mesma empregada para todas as espécies cultivadas em cativeiro com algumas alterações, como oferecer de alimento, larvas de outras espécies de peixes. Alguns autores têm oferecido para larvas de Brycon uma variedade de tipos alimentares que incluem alimento como larvas de tambaqui (Colossoma macropomum), (Mendonça 1994, Piovezan 1994), de pacu (Piaractus mesopotamicus) (Mendonça 1994), de curimba (Prochilodus marginatus) (Ceccarelli e Senhorini 1996) e alimentos artificiais (ração).

Os fatores limitantes para a criação de Brycon podem estar relacionados à falta de estudos da bioecologia, quando apresenta elevado canibalismo. O sucesso na criação depende de vários fatores, como qualidade e quantidade de zooplâncton disponível, densidade de estocagem das larvas, qualidade de água e heterogeneidade no tamanho das larvas (Ceccarelli e Senhorini 1996).

No processo de criação de larvas de peixes, as técnicas de alimentação apresentam muitas dificuldades, sendo responsáveis pelos freqüentes insucessos, em que o organismo-alimento ainda é o fator primordial para uma efetiva criação (Sipaúba-Tavares e Rocha 1994).

Sabe-se que ao longo do desenvolvimento, as mudanças morfológicas proporcionam uma melhor eficiência de captura da presa pela larva (Hunter 1984). Senhorini (1999) descreve uma larva de piracanjuba de 3 dias de vida, com $8 \pm 0,62$ mm, como uma larva grande e robusta, com boca grande, maxilar ultrapassando os olhos, iniciando a formação de nadadeiras caudais com raios, e nadadeira peitoral sem raios.

Ceccarelli (1997) sugere uma relação entre a pigmentação e tamanho dos olhos da larva do matrinchã e a capacidade em localizar e selecionar a presa. O desenvolvimento de algumas estruturas das larvas pode estar relacionado com mudanças na capacidade de percepção e captura das presas (Blaxter e Hunter 1982, Hunter 1984, Senger 1994, Werner et al. 1996), ou com o hábito alimentar e/ou a forma de captura do alimento (Blaxter 1965, Dabrowski 1984, Pedreira 1997), sendo as larvas geralmente planctófagas, preferencialmente zooplanctófagas (Hunter 1984, Young e Davis 1990, Anderson 1994), apresentando na fase adulta hábitos alimentares diversos. Larvas de B. orbignyanus e de B. cephalus também são descritas como zooplanctófagas desde os primeiros dias de vida, alimentando-se, no início, principalmente de Cladocera e posteriormente, de Copepoda (Senhorini 1999).

O comportamento de ataque parece estar relacionado ao estágio de desenvolvimento da larva, assim como a algumas características da espécie. Ceccarelli (1997) sugere que a capacidade das larvas de B. cephalus ingerir presas inteiras, relativamente grandes comparadas ao seu tamanho, estaria relacionada à abertura vertical da boca, o que representa 15,5% do comprimento.

O processo de aproximação da presa depende do volume explorado pela larva, que está relacionado com a capacidade de natação. Durante o estágio de saco vitelínico, o comportamento de ataque, comum para várias larvas de peixes, consiste de movimentos contínuos energéticos, seguidos por períodos relativamente longos de repouso podendo ser uma resposta

adaptativa à variação temporal e espacial da presa, aumentando a possibilidade da larva estar em contato com altas concentrações de presa e, conseqüentemente, elevando as possibilidades de captura.

Tipo de Tanque

Além das interações predador/presa ao longo do desenvolvimento larval, algumas condições físicas devem ser observadas a fim de facilitar a disponibilidade da presa. Ensaio em laboratório, com turbulência em pequena escala e baixa concentração de alimento, têm demonstrado maior facilidade para a captura da presa (Muelbert et al. 1994, Saiz e Kiorboe 1995), do que em meio muito turbulento (Oviat 1981, Landry et al. 1995). Elevadas condições de turbulência reduzem a taxa de alimentação abaixo daquelas que ocorrem durante as condições de calmaria, afetando o tipo de presa capturada e ingerida (MacKenzie e Kiorboe 1995).

Rojas et al. (1990) observaram que elevadas taxas de recirculação podem aprisionar larvas de Macrobrachium amazonicus contra o biofiltro, levando o indivíduo à inanição, doença e posteriormente à morte. Além da turbulência e dos fluxos ocasionados por altas taxas de recirculação, a alimentação é função do formato do sistema em que a larva de peixe está sendo criada, influenciando o comportamento, crescimento e metabolismo dos peixes.

Ross et al. (1995), comparando tanques circulares com retangulares de fluxo contínuo e cruzado, observaram que as trutas em tanques circulares situavam-se em sentido contrário ao da corrente, enquanto nos tanques retangulares com fluxo direto, nadavam também no mesmo sentido do fluxo. Observaram ainda, que o número de toques contra as paredes dos tanques e entre os peixes é menor em tanques circulares, sugerindo que estes contatos podiam causar um problema para a criação, devido ao risco de doenças.

Backhurst e Harker (1988), trabalhando em tanques quadrados com aeração tubular simples no fundo do sistema e tanques cilindro-cônicos com aerador pontual, observaram bons resultados na movimentação da água, disponibilizando melhor o alimento.

Além do formato do tanque, as características da espécie têm um

efeito direto na produção. Juvenis de trutas Oncorhynchus mykiss, exímias nadadoras, distribuem-se próximo à entrada de água, quando a velocidade de circulação é pequena (Ross et al. 1995). Juvenis de tilápias (características de ambientes lênticos), devido ao hábito de aglomerarem-se na superfície do tanque durante o dia e no fundo à noite, apresentam melhores resultados de sobrevivência, conversão alimentar e produção em tanques retangulares, possuindo maior relação superfície/volume, do que tanques cilindro-cônicos (Ellis e Watanabe 1994). Contrariamente, larvas de “waleyes” apresentaram melhor rendimento em tanques cilíndricos, quando comparados com os de formato cubóide (Moore et al. 1994). Tanques circulares geralmente resultam em maior metabolismo da larva, menor deposição de lipídeos na musculatura das nadadeiras (Ogata e Oku 2000), maior consumo de oxigênio e excreção de amônia, menor crescimento e biomassa (Ross et al. 1995, Timmons et al. 1998).

Já Olla et al. (1993) sugeriram que larvas de Theragra chalcogramma apresentaram alta eficiência de captura quando as presas distribuíram-se em grupos, concluindo que a disponibilidade e a distribuição dos itens alimentares podem também influenciar no comportamento social e coesão do grupo.

Apesar das condições físicas serem importantes para a criação, no Brasil, os trabalhos com larvicultura de peixe em sistema fechado não têm focado o formato do tanque e sua hidrodinâmica e sim, o hábito e comportamento alimentar (Basile-Martins et al. 1987, Sipaúba-Tavares e Rocha 1994, Cestarolli et al. 1997, Sipaúba-Tavares e Braga 1999).



Figura 2. Tipos de tanques e de biofiltro empregados no cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus. (a) Tanque circular com sistema air-lift, (b e c) tanques com biofiltro e simplesmente com aeração e (d) biofiltro a base de concha calcárea.

Qualidade da Água

Com relação à água, inúmeras são as variáveis e processos envolvidos com a qualidade que podem apresentar rápida deterioração em sistemas intensivos, necessitando de constante gerenciamento. Condições inadequadas de qualidade da água resultam em danos ao crescimento, reprodução, saúde, sobrevivência e qualidade dos peixes, comprometendo o sucesso de sistemas de criações aquáticas (Kubitza 1998).

Para manter a água em condições adequadas à criação, os princípios básicos para o desenho de um tanque em piscicultura incluem uma eficiente mistura e remoção de sólidos, a menor quantidade possível de áreas estagnadas

e uma distribuição homogênea de oxigênio dissolvido, metabólicos e alimento (Cripps e Poxton 1992). Neste sentido, tanques circulares, com drenos no centro, apresentam maior eficiência na remoção de dejetos, velocidade de correntes homogêneas, meio de cultura uniforme, podendo-se trabalhar com várias velocidades, que resultam em melhores condições e saúde do peixe (Klapisis e Burley 1984, Ross et al. 1995, Timmons et al. 1998).

O acúmulo de componentes nitrogenados prejudica o sucesso da operação de sistemas de recirculação, contudo, em sistemas fechados, níveis de nitrogênio podem ser reduzidos a concentrações aceitáveis para o crescimento do peixe em alta densidade (Arbiv e van Rijn 1995).

Os sistemas de recirculação têm evoluído conforme a necessidade da criação, no entanto para um bom funcionamento requerem homogeneização adequada da água, não deixando ocorrer áreas com maiores concentrações de elementos prejudiciais à sobrevivência e desenvolvimento dos peixes (Rosenthal 1999).

A redução da alimentação, filtração ou renovação da água, manutenção de altas concentrações de oxigênio são formas de prevenção contra o excesso de amônia (Tomasso 1994). Na aqüicultura intensiva, a aeração tem sido aplicada à noite ou durante todo o dia (Boyd 1998), apesar de as espécies suportarem uma determinada faixa de variação sem sofrer comprometimento do rendimento de criação.

Forsberg e Bergheim (1996), estudando os efeitos da flutuação do oxigênio, durante 126 dias em salmão do atlântico, pós-metamorfoseados, não observaram diferenças significativas no crescimento e na mortalidade quando as oscilações variaram entre 4 e 13 mg/L.

A ampla demanda mundial de água para atender às necessidades domésticas, da agricultura, industrial e comercial está aumentando, e a aqüicultura é somente mais um dos seus usuários. Costa (1997) descreve o rápido crescimento da piscicultura intensiva e aumento da ocorrência de doenças, nos últimos anos, como conseqüência de buscas alternativas como fonte de alimento. Para tanto, sugere a criação de programas de monitoramento ambiental sistemático sobre contaminantes, compostos bioativos e microrganismos, com devidas adaptações às realidades geográficas e sociais das regiões.

Analisando o potencial de impacto ambiental decorrente da atividade e, frente à questão da disponibilidade dos recursos hídricos, são necessárias formas adequadas para o tratamento e diminuição dos impactos ambientais, como a reutilização da água. Apesar de o Brasil possuir os maiores recursos hídricos renováveis da América Latina (6.950 km³) e um consumo relativamente modesto destes recursos (212 m³/pessoa/ano), este aspecto contribui para o uso indiscriminado, resultando na degradação dos corpos hídricos e no comprometimento das reservas futuras. A eutrofização, o assoreamento e a contaminação de ambientes aquáticos têm levado permanente ameaça à biota aquática que, por sua vez, é pouco representada no atual sistema de conservação da natureza no país, sendo urgente a implementação de programas de recuperação e monitoramento de áreas afetadas (Lacerda 1995).

A recirculação poderá ser um caminho de preservação ambiental, desde que tenha como objetivo, um monitoramento prévio das condições ambientais. Até recentemente, a aqüicultura tinha por meta produzir alimento e introduzir no meio, espécies nativas que estivessem em extinção. Porém, tais objetivos foram trazendo problemas de impacto ambiental, acarretados

pela introdução ou escape de espécies exóticas e a eutrofização do meio.

Um dos grandes problemas da aqüicultura é a descarga de suas fontes que contêm grandes concentrações de nitrogênio e fósforo deteriorando a qualidade da água, o que pode ser minimizado através de um manejo integrado para que os resíduos provenientes destes sistemas possam ser reutilizados em canteiros agrícolas, hidroponia ou biofiltros (Sipaúba-Tavares 2000).

No intuito de controlar a qualidade da água e evitar o desperdício, vêm sendo desenvolvidos trabalhos com sistemas de recirculação, onde o uso da água é feito somente para completar a quantidade evaporada e aquela retirada para limpeza (Losordo 1998).

Aparentemente há uma tendência mundial das criações apontando para a intensificação em circuito fechado com reaproveitamento da água, com a preocupação ambiental e desenvolvimento de técnicas específicas (Goudey et al. 1999)

Nos últimos 30 anos, o sistema de recirculação em pisciculturas intensivas tem se desenvolvido, utilizando a tecnologia de tratamentos de dejetos domésticos (Puckhaber e Meylahn 1998). Recentemente vem surgindo um número de operações de porte industrial em larga escala, o que tem reduzido o custo de capital e de produção dos sistemas de recirculação. São vários os exemplos, dentre os quais, encontra-se criação de tilápias e "striped bass" nos Estados Unidos, e enguias e salmão, em alguns países da Europa, como Alemanha, Dinamarca, Noruega, Grécia, França e Espanha, entre outros (Losordo 1998).

A necessidade de otimização do uso da água tem conduzido os pesquisadores a discutirem vários pontos do funcionamento dos sistemas de

recirculação, como por exemplo: a nitrificação (Hargrove et al. 1996, Greiner e Thimmons 1998, Schuster e Stelz 1998); efeito da densidade de estocagem (Papoutsoglou et al. 1998); desenho e manejo do sistema (Davis e Arnold 1998).

Neste projeto, além de se avaliar o efeito da cor no desenvolvimento e sobrevivência de larvas de tambaqui, foi criada uma estrutura física simples na produção de larvas de B. orbignyanus, dando ênfase à qualidade de água dos sistemas testados com diferentes tratamentos alimentares, com o objetivo de proporcionar informações para utilização e manejo adequado na criação de larvas de piracanjuba e tambaqui.

Objetivos Gerais:

- Determinar a interferência do contraste da cor do tanque em relação ao alimento, no desempenho da criação das larvas de tambaqui;
- Observar a influência da seleção de tamanho do alimento natural e a adição de ração nos primeiros dias de vida de larvas de Brycon orbignyanus e seus possíveis mecanismos de ação;
- Estudar o funcionamento de tanques circulares com air-lift, e retangulares com e sem biofiltro, na criação de larvas de piracanjuba, e sua influência na sobrevivência, crescimento, homogeneidade de tamanho das larvas.
- Avaliar as possíveis interações das variáveis limnológicas em tanques com e sem filtro biológico, no sucesso da criação das larvas;

Citações bibliográficas

Alvarez, E. J. S. 1999. Dinâmica de algumas variáveis limnológicas em tanques de larvicultura de Brycon orbignyanus (Valenciennes, 1949) (Pisces Characidae) sob dois tipos de tratamentos alimentares. Dissertação de mestrado. Centro de Aqüicultura da UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

Anderson, J. T. 1994. Feeding ecology and condition of larval and pelagic

- juvenile redbfish Sebastes spp. Marine Ecology Progressive Series 104:211-226.
- Antunes, S. A. 1994. Tecnologia pós-colheita do matrinhã, Brycon cephalus, criado no CEPTA/IBAMA: situação atual dos estudos da composição dos filés, das carnes clara e escura e do preparo. Páginas 49-52. Anais do Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero Brycon, 1. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Pirassununga, Brasil.
- Araújo-Lima, C., and M. Goulding. 1997. So fruitful a fish: Ecology, conservation, and aquaculture of the Amazon's tambaqui. Columbia University Press, New York, USA.
- Arbiv, R., and J. van Rijn. 1995. Performance of a treatment system for inorganic nitrogen removal in intensive aquaculture systems. Aquacultural Engineering 14:189-203.
- Backhurst, J. R., and J. H., Harker. 1988. The suspension of deids in aerated rearing tanks: The effect of tank geometry and aerator design. Aquacultural Engineering 7:379-395.
- Basile-Martins, M. A., Y. Naoyo, O. Jacobsen, e C. M. Ishikawa. 1987. Observações sobre a alimentação e a sobrevivência de larvas de pacu Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887) (= Colossoma mitrei, Berg, 1895). Boletim do Instituto de Pesca 14:63-68.
- Blaxter, J. H. S. 1965. The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feeding. CalCOFI Investigation Report 10:79-88.
- Blaxter, J. H. S., and J. R. Hunter. 1982. The biology of the clupeoid fishes. Advance in Marine Biology 20:1-224.
- Boyd, C. E. 1998. Pond water aeration systems. Aquacultural Engineering 18:9-40.
- Cantelmo, O. A., e M. A. R. Ribeiro. 1994. Determinação do tamanho da partícula alimentar para o pacu Piaractus mesopotamicus Holmberg, 1887 e tambaqui Colosoma macropomum Cuvier, 1818, no estágio de alevino. Boletim Técnico do CEPTA 7:9-17.
- Carvalho R. A. P. F. L., J. A. Ferraz de Lima, e A. L. N. da Silva. 1997. Efeito da densidade de estocagem no desempenho do matrinhã, Brycom

- cephalus (Günther, 1869), cultivado em tanques-rede no período do inverno. Boletim do Instituto de Pesca 24 (especial):177-185.
- Ceccarelli, P. S. 1997. Canibalismo em larvas de matrinxã Brycon cephalus (Günther, 1869). Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Ceccarelli, P. S., e J. A. Senhorini. 1996. Brycon viabilização da produção de alevinos. Panorama da Aqüicultura (6)35:10-11.
- Cestarolli, M. A., M. C. Portella, e N. E. T. Rojas. 1997. Efeitos do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de curimatã Prochilodus scorfa (Steindachner, 1881). Boletim do Instituto de Pesca 24(único):119-129.
- Costa, A. B. 1997. Bactérias patogênicas em cultivos de peixes. Boletim Informativo da ABRAPOA 11:4-6.
- Cripps, S. J., and M. G. Poxton. 1992. A review of the design and performance of tanks relevant to flatfish culture. Aquaculture Engineering 11(2)71-91.
- Dabrowski, K. 1984. The feeding of fish larvae: present "state of the art" and perspectives. Reproductive Nutritional Development 24:807-833.
- Davis, D. A., and C. R. Arnold. 1998 The design, management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp. Aquacultural Engineering 17:193-211.
- Dumont-Neto, R., A. Pelli, J. L. Freitas, C. L. Costa, A. E. De-Freitas, e N. D. C. Barbosa. 1997. Reprodução induzida da piracanjuba (Brycon orbignyanus, Valenciennes, 1903), durante a primeira maturação sexual, cultivada em cativeiro, na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental de Volta Grande - CEMIG. Boletim do Instituto de Pesca 24(especial):105-107.
- Ecikmann, R. 1984. Induced reproduction in Brycon cf. erythropterus. Aquaculture 38:379-382.
- Ellis, S. C., and W. O. Watanabe, 1994. Comparison of raceway and cylindroconical tanks for brackish-water production of juvenile Florida red tilapia under high stocking densities. Aquacultural Engineering 13:59-70.
- Faria, C. A. 1994. Propagação artificial de piabanha (Brycon insignis) na seção de hidrobiologia e aqüicultura de Paraibuna - CESP. Páginas 9-16. Anais do Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero

Brycon, 1. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Pirassununga, Brasil.

- Forsberg, O. I., and A. Bergheim. 1996. The impact of constant and fluctuating oxygen concentrations and two water consumption rates on post-smolt atlantic salmon production parameters. *Aquacultural Engineering* 15(5):327-347.
- Fregadolli, C. H. 1993. Seleção alimentar das larvas de pacu, Piaractus mesopotamicus Holmberg, 1887 e tambaqui, Colossoma macropomum Cuvier, 1818 em laboratório. *Boletim Técnico do CEPTA* 6(1):1-50.
- Géry, J., and V. Mahnert. 1992 Notes sur queles Brycon des bassins de l'Amazone, du Parana-Paraguay et du Sud-Est brésilien (Pisces, Characiformes, Characidae). *Revue suisse Zoologyc* 99:793-819.
- Godoy, M. P. 1975. Peixes do Brasil subordem Characoidei Bacia do rio Mogi Guaçu, vol.- II-IV 283-305.
- Goudey, C. A., B. M. Moran, and E. Mead. 1999. Larval culture in an urban setting: MIT's Boston Harbor Marine Finfish Hatchery. *Recirc Today* 1(3):12-13.
- Graef, E. W. 1993. Considerações sobre a prática da piscicultura no Amazonas. *In* Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. 2: INPA. Manaus, AM. 437 p. (345-360pp.)
- Greiner, A. D., and M. B. Timmons. 1998. Evaluation of the nitrification rates of microbead and tricking filters in an intensive recirculating tilapia production facility. *Aquacultural Engineering* 18:189-200.
- Guevara, J. Gutiérrez, W. Ortega, H. e J. Vera. 1979. Densidad de carga en la producción del "sábalo de cola roja" (Brycon erythropterus) en Pucallapa - Perú. *Revista Latina Acuicultura Lima - Perú* 1:33-37.
- Hargrove, L. L., P. W. Westerman, and T. M. Losordo. 1996. Nitrification in three-stage and single-stage floating bead biofilters in a laboratory-scale recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering* 15(1):67-80.
- Honda, E. M. S. 1972. Peixes encontrados nos mercados de Manaus. *Acta Amazônica* 3:97-98.
- Howes, G. J. 1982. Review of genus Brycon (Teleostei: Characoidei). *Bulletin Br. Museum Natural History (Zool.)* 43:1-47.

- Hunter, J. R. 1984. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. Pages 33-77 in R. Lasker, editor. Marine fish larvae: morphology, ecology, and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program, Washington, USA.
- Klapsis, A., and R. Burley. 1984. Flow distribution studies in fish rearing tanks. Part 1 – Design constraints. *Aquacultural Engineering* 3:103-118.
- Kubitza, F. 1998. Qualidade de água na produção de peixes – parte I. *Panorama da Aqüicultura* 8(45):39-41.
- Lacerda, L. D. 1995. Conservação e manejo de águas interiores. *Ciência Hoje* 19(110):18-19.
- Landry, F., T. J. Miller, and W. C. Legget. 1995. The effects of small-scale turbulence on the ingestion rate of fathead minnow (*Pimephales promelas*) larvae. *Canadian Journal Fish. Aquatic Science* 52:1714-1719.
- Lopes, R. N. M., J. A. Senhorini, e M. C. F. Soares. 1994. Crescimento e sobrevivência de larvas de matrixã *Brycon cephalus* Günther, 1869, (Pisces, Characidae) sob diferentes dietas alimentares. *Boletim Técnico CEPTA* 7:41-48.
- Losordo, T. 1998. Recirculation production systems: the status and future, part II. *Aquaculture Magazine* 24(2)45–53.
- MacKenzie, B. R., and T. Kiorboe. 1995. Encounter rates and swimming behavior of pause-travel and cruise larval fish predators in calm and turbulent laboratory environments. *Limnology and Oceanography* 40(7)1278-1289.
- Mendonça, J. O. J. 1994. Criação de espécies do gênero *Brycon* no CEPTA/IBAMA. Páginas 31-48. *Anais do Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero *Brycon**, 1. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Pirassununga, Brasil.
- Moore, A., M. A. Prange, R. C. Summerflet, and R. P. Bushman. 1994. Evaluation of tank shape and surface spray for intensive culture of larvae waleyes fed formulated feed. *The Progressive Fish-Culturist* 56:100-110.

- Muelbert, J. H., M. R. Lewis, and D. E. Kellery. 1994. The importance of small-scale turbulence in the feeding of herring larvae. *Journal Plankton Research*. 16:927-944.
- Ogata, H. Y., and H. Oku. 2000. Effects of water velocity on growth performance of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 31(2):225-231.
- Olla, B. L., M. W. Davis, C. H. Ryer, and S. M. Sogard. 1993. Behavioural responses of larval and juvenile walleye pollock (*Theragra chalcogramma*): possible mechanisms controlling distribution and recruitment. *ICES mar. Science Symposium* 201:3-15.
- Ostrowski, A., T. Iwai, S. Monahan, S. Unger, and D. Dagdagan. 1996. Nursery production technology for Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) *Aquaculture* 139(1):19-29
- Oviat, C. A. 1981. Effects of different mixing schedules on phytoplankton, zooplankton, and nutrients in marine microcosmos. *Marine Ecology Progressive Series* 4:57-67.
- Papoutsoglou, S. E., G. Tziha, X. Vrettos, and A. Athanasiou. 1998. Effects of stocking density on behavior and growth rate of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles reared in a closed circulated system. *Aquacultural Engineering* 18:135-144.
- Pedreira, M. M. 1997. Alimentação e hábito alimentar de larvas de *Trachurus lathami* (Família Carangidae), na região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, Brasil.
- Piovezan, U. 1994. Efeito da dieta na sobrevivência de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) - CAUNESP. Páginas 21-24. Anais do Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero *Brycon*, 1. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Pirassununga, Brasil.
- Puckhaber, B., and G. U. Meylahn. 1998. Intensive fish production in closed recirculation systems: a future farming strategy for intensive aquaculture. *Recirc Today* 1(2):9-12.
- Resultados das discussões dos grupos específicos. 1994. Páginas 55-59. Anais do Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero *Brycon*, 1.

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico -
CNPq, Pirassununga, Brasil.

- Rojas, N. E. T., V. L. Lobão, e H. P. Barros. 1990. Métodos de manutenção de larvas de Macrobrachium amazonicum Heller, 1862 (Crustacea, Decapoda, Paleomonidae). Boletim do Instituto de Pesca 17:15-26.
- Romagosa, E., L. M. S. Ayrosa, E. G. Sanches, P. F. C. Novato, e M. Y. Narahara. 1995. Informes preliminares sobre a reprodução induzida do matrinxã, Brycon cephalus. in: I Simpósio Brasileiro de Pesquisa Veterinária. p.11.
- Rosenthal, H. 1999. The history of recirculation systems: Part 3: Performance of system components. Recirc Today 1(5):23.
- Ross, R. M., B. J. Watten, W. F. Krise, M. N. Dilauro, and R. W. Soderberg. 1995. Influence of tank design and hydraulic loading on the behavior, growth, and metabolism of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquacultural Engineering 14:29-47.
- Saint-Paul, U. 1989. Aquaculture in Latin America: Indigenous species promise increased yields. Naga, The ICLARM Quaterly 12(1):3-5.
- Saiz, E., and T. Kioerboe. 1995. Predatory and suspension feeding of the copepod Acartia tonsa in turbulent environments. Marine Ecology Progressive Series. 122:147-158.
- Schuster, C., and H. Stelz. 1998. Reduction in the make-up water in semi-closed recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering 17:167-174.
- Senger, H. 1994. Nutritional physiology in fish larvae. in Verreth, J. ed. 1994. Fourth International Course on Fish Larvae Nutrition. Wageningen, 1994. The Netherlands. Department of Fish Culture and Fisheries. Mimeo. Cap.4.
- Senhorini, J. A. 1999. Biologia larval do matrinxã Brycon cephalus (Günther, 1869) e do piracanjuba Brycon orbignyanus (Valenciennes, 1849), (Pisces Characidae) em viveiros. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Senhorini, J. A., G. M. de Figueiredo, N. A. Fontes, e J. Carlsfeld. 1988. Larvicultura e alevinagem do pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887) tambaqui Colosoma macropomum (Cuvier, 1818) e

- seus respectivos híbridos. Boletim Técnico do CEPTA 1(2):19-30.
- Sipaúba-Tavares, L. H. 1993. Análise da seletividade alimentar em larvas de tambaqui (Colossoma macropomum) e tambacu (híbrido, pacu - Piaractus mesopotamicus - e tambaqui - Colossoma macropomum) - sobre os organismos zooplancônicos. Acta Limnológica Brasileira VI:114-132.
- Sipaúba-Tavares, L. H. 2000. Utilização de biofiltros em sistemas de cultivo de peixes. Informe Agropecuário 21(203):38-43.
- Sipaúba-Tavares, L. H., e O. Rocha. 1994. Sobrevivência de larvas de Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887) (Pacu) e Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) (Tambaqui), cultivadas em laboratório. Biotemas 7:46-56.
- Sipaúba-Tavares, L. H., and F. M. S. Braga. 1999. Study on feeding habits of Piaractus mesopotamicus (pacu) larvae in fish ponds. Naga, The ICLARM Quarterly 22(1):24-30.
- Soares, M. C. F. 1989. Estudos preliminares do cultivo do matrixã Brycon cephalus - Gunther, 1869) (Teleostei: Characidae). Aclimação, crescimento e reprodução. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Bahia, Brasil.
- Timmons, M. B., S. T. Summerfelt, and B. Vinci. 1998. Review of circular tank technology and management. Aquacultural Engineering 18:51-69.
- Tomasso, J. R. 1994. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews in Fish Science 2(4):291-314.
- Werner, R. G., J. M. D. Clapsadl, and J. M. Farrell. 1996. A bioenergetic exploration of piscivory and planktivory during the early life history of two species of freshwater fishes. Marine and Freshwater Research 47:113-121.
- Woynarovich, E. 1986. Tambaqui e pirapitinga: propagação artificial e criação de alevinos. Programa Nacional de Irrigação, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco 68 p.
- Young, J. W., and Davis, T. L. O. 1990. Feeding ecology of larvae of southern bluefin albacore and skipjack tunas (Pisces: Scombridae) in eastern Indian Ocean. Marine Ecology Progressive Series 61:17-29.
- Zaniboni Filho, E. 1997 Limitações e potencialidades do cultivo de tambaqui

(Colossoma macropomum Cuvier, 1818) na região subtropical brasileira. Boletim do Instituto de Pesca 24(especial)169-172.

Capítulo 1 - Influência da cor dos aquários na sobrevivência de larvas de tambaqui Colossoma macropomum.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito da cor do tanque (Escuro, tanques de cor marrom, e Claro, tanques de cor verde clara), na sobrevivência e desenvolvimento de larvas de tambaqui Colossoma macropomum. Ao longo dos 20 dias de experimento, as larvas foram alimentadas “ad libitum” e diariamente, realizaram-se medidas de quatro variáveis limnológicas, que apresentaram-se dentro de padrões aceitáveis para o desenvolvimento larval. A temperatura da água oscilou de 24.0 a 30.2 C no Escuro e de 23.9 a 30.6 C no Claro. A concentração de oxigênio dissolvido variou de 6.7 a 7.9 mg/L no Escuro e de 6.5 a 7.9 mg/L no Claro. O pH oscilou de 7.0 a 8.2, sendo de 6.8 a 8.0 no Escuro e de 7.4 a 8.2 no Claro. Já a condutividade variou de 30 a 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo de 30 a 61 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no Escuro e de 30 a 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no Claro. Também foram registradas as temperaturas do ar, que oscilaram de 24.5 a 33.0 C. Apesar da similaridade das variáveis limnológicas observadas, o tratamento Escuro ($9.4 \pm 20.9\text{b} \%$) apresentou sobrevivência média significativamente menor ($P \leq 0.05$) do que o Claro ($67.5 \pm 41.6\text{a}\%$). Já o peso médio, biomassa e comprimento total das larvas submetidas ao Escuro ($21.6 \pm 12.7\text{a} \text{ mg}$, $0.7 \pm 0.9\text{a} \text{ g}$ e $1.4 \pm 0.1\text{a} \text{ mm}$, respectivamente) não diferiram estatisticamente ($P > 0.05$) do Claro ($32.3 \pm 23.3\text{a} \text{ mg}$, $1.5 \pm 0.6\text{a} \text{ g}$ e $1.5 \pm 0.2\text{a} \text{ mm}$, respectivamente). Os resultados sugerem a interferência da cor dos aquários na sobrevivência larval, onde o Claro facilitou a alimentação através da visualização da presa pela larva.

Abstract

O sucesso de criações de tambaqui, espécie nativa de alto valor comercial, depende de cultivos massivos de suas larvas, sendo a taxa de sobrevivência larval de grande importância econômica. Para o sucesso do cultivo, deve-se conhecer o comportamento e a morfologia da larva, nos estágios de desenvolvimento, indicadores para adequação do manejo e da técnica de alimentação (Krise e Meade 1986).

Larvas de peixes são predadoras visuais (Hunter 1984, Gerking 1994), podendo selecionar positivamente copépodos mais brilhantes e coloridos (Arthur 1976, Vorinen et al. 1983, Winfield e Townsend 1983), ou pelo tipo de natação de escape e porte avantajado do náuplio (Peterson e Ausubel 1984). Conseqüentemente, o contraste da cor do tanque com o organismo alimento e uma adequada iluminação, dentro de um sistema de cultivo, têm um importante efeito na percepção visual das larvas, aumentando a eficiência de captura, contribuindo, desta forma, para o aumento do seu crescimento e sobrevivência (Krise e Meade 1986, Ostrowski 1989), bem como dos alevinos (Browman e Marcote 1987). Apesar disso, poucas têm sido as pesquisas desenvolvidas sob a influência da cor do tanque no cultivo de larvas de peixe, principalmente para espécies tropicais. Portanto, este trabalho objetivou determinar o efeito da cor do tanque na sobrevivência e desenvolvimento de larvas de tambaqui C. macropomum, alimentadas com plâncton selvagem.

Material e Métodos

As larvas de C. macropomum, obtidas de desova induzida, eclodiram em 17 de janeiro de 1998, sendo este estudo conduzido no Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, no período de 19 de janeiro a 8 de fevereiro. Os sistemas de cultivo (Escuro), aquários de cor marrom, e (Claro), aquários de cor verde clara (5 e 4 réplicas respectivamente), continham um volume de 10 L, densidade de 10 larvas/L, aeração constante, condições ambientais de fotoperíodo. As larvas foram alimentadas diariamente, “ad libitum”, com plâncton coletado em tanques de terra, por uma rede de 68 µm de abertura de malha, e posteriormente selecionado em peneira de 1000 µm.

Diariamente, foram medidas a temperatura da água e oxigênio dissolvido (oxímetro YSP 55; ± 0.1 C, ± 0.01 mg/L), pH (Corning pH 30

sensor; ± 0.1), condutividade (Corning CD – 55; $\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$) e temperaturas mínima e máxima do ar. Para renovação da água e limpeza do aquário, a cada 3 dias eram trocados 30% do volume de água por sifonamento.

Os valores de sobrevivência, peso médio e biomassa (Balança, Scientch AS 210; $\pm 0.001 \text{ g}$) e comprimento total (ocular micrométrica) foram tomados ao término do experimento. Para cada repetição, o total de larvas foi pesado, considerando-se este valor a biomassa, que dividida pelo número de indivíduos resultava no peso médio da larva. O comprimento total das larvas foi determinado a partir da medição de 44 larvas do tratamento Escuro e 90 do Claro. A sobrevivência, o peso médio, a biomassa e o comprimento total dos tratamentos foram analisados através de teste *t* para comparação de duas variáveis independentes, com nível de significância de 0.05.

Resultados

A sobrevivência média das larvas de peixes submetidas ao Escuro ($9.4 \pm 20.9\text{b} \%$) foi significativamente menor ($P < 0.05$) do que ao Claro ($67.5 \pm 41.6\text{a} \%$). Já o peso médio, biomassa e comprimento total das larvas submetidas ao Escuro ($21.6 \pm 12.7\text{a} \text{ mg}$, $0.7 \pm 0.9\text{a} \text{ g}$ e $1.4 \pm 0.1\text{a} \text{ mm}$, respectivamente) não diferiram estatisticamente ($P > 0.05$) do Claro ($32.3 \pm 23.3\text{a} \text{ mg}$, $1.5 \pm 0.6\text{a} \text{ g}$ e $1.5 \pm 0.2\text{a} \text{ mm}$, respectivamente) (Tabela 1).

No período do experimento, a temperatura da água variou de 23.9 a 30.7 C, sendo de 24.0 a 30.2 C no Escuro e de 23.9 a 30.6 C no Claro. A temperatura do ar oscilou de 24.5 a 33.0 C. A concentração de oxigênio dissolvido variou de 6.5 a 7.5 mg/L, sendo de 6.7 a 7.9 mg/L no Escuro e de 6.5 a 7.9 mg/L no Claro. O pH oscilou de 7.0 a 8.2 sendo de 6.8 a 8.0 no Escuro e de 7.4 a 8.2 no Claro. Já a condutividade variou de 30 a 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo de 30 a 61 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no Escuro e de 30 a 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no Claro (Fig. 1).

O meio de cultivo, as larvas, o alimento e os dejetos eram mais evidentes no Claro devido ao maior contraste, contudo, o manejo foi o mesmo para os tratamentos.

Discussão

O melhor resultado encontrado no tratamento Claro deve estar relacionado à maior percepção da presa pela larva, em consequência do aumento do contraste entre o alimento e a cor do aquário que, nos primeiros dias de vida, é de crucial importância para o sucesso de captura de presas pelas larvas, proporcionando melhores taxas de sobrevivência. Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Tamazouzt et al. (2000), com larvas de perca de água doce (Perca fluviatilis). O aumento da capacidade de percepção da presa ao longo do desenvolvimento larval tem sido amplamente discutido. Blaxter e Hunter (1982) descreveram que muitas espécies eclodem com os olhos sem pigmentação, sendo considerados não funcionais, tanto histologicamente como comportamentalmente. Porém, no momento do início da alimentação exógena, todas as espécies teriam olhos funcionais. Para Roo et. al. (1999) antes da alimentação exógena, os olhos das larvas de “red porgy” Pargus pargus encontravam-se desenvolvidos, permitindo à larva começar a capturar o alimento. Hunter (1984) observou que a habilidade da larva em explorar o ambiente aumenta com o crescimento, visto que a perspectiva de distância, velocidade e a taxa de sucesso de captura são funções do comprimento ou da idade. Senger (1994) também constatou uma relação positiva entre o aumento da capacidade das larvas perceberem as presas com o seu desenvolvimento, relatando que inicialmente, os órgãos sensoriais, como a visão, linhas laterais e botões gustativos, estão incompletos, sendo necessário para a captura das presas, uma alta intensidade luminosa.

Larvas de peixes são predadores visuais (Hunter 1984) com alta taxa de alimentação durante o dia e posterior queda no período noturno (Heath 1992). Segundo Pedreira (1997) as larvas de Trachurus lathami alimentam-se quase exclusivamente durante o período de luz, sendo que, na fase escura, poucas foram as larvas que continham alguma presa no trato digestivo. Os intestinos das larvas de Engraulis encrasicolus e de Trachurus mediterraneus, coletadas à noite, geralmente estão vazios, pois neste período, as larvas não se alimentam (Danilova e Branch 1994). De acordo com Young e Davis (1992) as larvas de Trachurus declivis têm um padrão de alimentação típico, apresentando picos ao amanhecer e no final da tarde, assim como as larvas de Engraulis anchoita (Freire 1995) e Katsuwonus pelamis, Thunnus maccoyii e Thunnus alalunga, que se alimentam somente nos períodos de

incidência luminosa (Young e Davis 1990). Os picos de alimentação, em horários ao raiar e pôr do sol, indicam a necessidade de uma moderada intensidade luminosa.

Larvas de peixes adequam-se melhor à uma determinada intensidade luminosa, conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento. As larvas de C. macropomum foram submetidas a uma intensidade luminosa moderada, sendo o experimento conduzido em ambiente fechado, com fotoperíodo natural e água transparente. Larvas de P. fluviatilis também apresentaram uma maior taxa de sobrevivência sob condições de moderada intensidade luminosa (250 lx) (Tamazouzt et al., 2000). Nass et al. (1996) estudaram tipos de tanques que apresentam melhores condições na primeira alimentação de larvas de peixes, com iluminação natural. Os resultados mostraram que a reflexão da luz na superfície do tanque é muito importante para a sua distribuição no corpo d'água e que, larvas procuram uma iluminação ótima a qual estariam geneticamente programadas. Roo et al. (1999) estudando larvas de P. pargus, sugeriram que, devido ao desenvolvimento do sistema visual, alterações no regime de luminosidade seriam necessárias através da fase larval. Planas e Cunha (1999) descreveram que alta intensidade de luz (1000 - 2000 lx) sobre a superfície do tanque de larvas e águas com elevada transparência são comumente utilizadas, pois uma menor visibilidade pode diminuir a performance de captura da presa. Já para Daniels et al. (1996), a redução a 20% da intensidade luminosa (lâmpadas fluorescentes de 40 W, postas 40 cm acima da superfície da água), não afetou a taxa de sobrevivência e crescimento das larvas de Paralichthys lethostigma.

Apesar da luminosidade interferir diretamente na captura de alimento e conseqüentemente no crescimento e sobrevivência larval, esta parece diminuir em importância com o desenvolvimento do peixe, pois um aumento de incidência alimentar no período escuro, conforme as larvas crescem, foi observado por Arthur (1976) em larvas de Trachurus symmetricus, Engraulis mordax e Sardinops sagax; por Young e Davis (1990), em T. symmetricus, K. pelamis, T. maccoyii e T. alalunga e por Young e Davis (1992), em T. declivis. Associado ao comportamento de ataque das larvas de tambaqui ao longo do desenvolvimento, a luminosidade também parece ser mais importante nos primeiros dias de vida da larva, quando sua eficiência de captura é menor. Contudo, nesse experimento manteve-se somente o fotoperíodo natural, não

quantificando-se a variável luminosidade.

Quanto à cor dos tanques, a clara apresentou melhores resultados neste estudo. Tamazouzt et al. (2000) cultivou larvas de P. fluviatilis em tanques de cor branca, cinza claro, cinza escuro e preto, sendo a maior taxa de sobrevivência observada em tanques cinza claros e, os maiores crescimentos, em tamanho e peso, obtidos em tanques cinza claros e brancos. Duray et al. (1996) cultivando larvas de garoupa Epinephelus suillus por 14 dias, em tanques pretos e translúcidos, observou que larvas criadas nos tanques translúcidos foram significativamente maiores, apesar de não terem observado diferença significativa na ingestão de rotíferos e na taxa de sobrevivência. Krise e Meade (1986) em discussão sobre fototaxia, citaram Raisanen (1982), o qual argumentou que em tanques cobertos, ocorre um declínio na sobrevivência e na ingestão de alimento de larvas de “waylleye”. Krise e Meade (1986) argumentaram contudo, que altos níveis de luminosidade causariam “cegueira”, devendo ser controlados para facilitar a captura do alimento. Alguns autores obtiveram melhores resultados em tanques com cor escura, salientando, entretanto, que as cores de tanque que proporcionaram maior contraste com as presas foram os de melhores resultados. Nass et al. (1996) verificaram que tanques escuros reproduziram melhor as condições naturais de iluminação e tanques com paredes brancas devem ser evitados pois não seriam adequados devido à fototaxia negativa das larvas. Ostrowski (1989) observou taxas de sobrevivência média acima de 50% para larvas de dourado (Coryphaena hippurus) alimentadas com rotíferos, cultivadas em tanques pretos, enquanto que em tanques translúcidos a sobrevivência foi cerca de 25%. Denson e Smith (1996), cultivando larvas de Morone chrysops alimentadas com rotífero em tanques de vidro e de cor preta, observaram um dramático efeito da coloração do tanque no sucesso do cultivo. Os autores creditaram esta diferença ao contraste entre a coloração do rotífero, que apresenta uma cor clara, com a do tanque escuro, facilitando a percepção das presas pelas larvas. Isto resultou num aumento da eficiência de captura, quando comparado com os tanques claros. O mesmo deve ter ocorrido para as larvas de tambaqui, porém, neste caso, a forte coloração do plâncton de água doce tropical, geralmente variando entre o marrom, alaranjado, vermelho, até o azul (Matsumura-Tundisi e Silva 1999), somado a melhor iluminação proporcionada pelos reflexos da luz no tanque

claro, devem ter sido determinantes para um aumento da eficiência de captura das presas pelas larvas.

Outro fator que poderia ter determinado a maior sobrevivência do experimento Claro, é a melhor visualização do tratador do sistema de cultivo, resultando em um melhor manejo e qualidade de água, fator determinante no sucesso da criação de larvas de peixes, como preconizado por Sipaúba-Tavares (1995), principalmente quando submetidas às condições de otimização da estrutura física. No entanto, o mesmo manejo foi empregado em ambos os tratamentos, e como consequência, os valores das variáveis limnológicas foram semelhantes entre Escuro e Claro, não justificando diferenças significativas na sobrevivência. Deve-se ainda considerar, que as variáveis limnológicas mensuradas apresentaram-se dentro de uma faixa confortável para o desenvolvimento da espécie, visto que os valores de temperatura da água e do pH foram similares e a concentração de oxigênio dissolvido foi ligeiramente maior aos valores encontrados em larvicultura de tambaqui por Senhorini et al. (1988), quando obtiveram sobrevivências de 88 a 76%. Entretanto, neste estudo, poucas variáveis foram medidas e as taxas de sobrevivências foram baixas.

Tanques de cor clara otimizaram o cultivo de larvas de tambaqui, por aumentarem o contraste entre as presas e o tanque. No entanto, trabalhos complementares sobre as condições ideais de luminosidade seriam desejáveis, visto que o conjunto de cores e luminosidade interfere na visualização da presa e possivelmente no manejo de cultivo.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Processo n 97/11812-1), pelo apoio financeiro. Ao Dr. Newton Castagnolli, a Dra. Ruth A. Gazola, ao PqC Sérgio Ostini e ao Marcelo Assano, pelos inestimáveis auxílios a este experimento.

Literatura Citada

- Arthur, D. K. 1976. Food and feeding of larvae of three fishes occurring in the California Current, Sardinops sagax, Engraulis mordax, and Trachurus symmetricus. Fishery Bulletin 74:517-530.
- Blaxter, J. H. S., and J. R. Hunter. 1982. The biology of the clupeoid fishes. Advances in Marine Biology 20:1-224.
- Browman, H. I., and B. M. Marcote. 1987. Effects of prey color and background color on feeding by atlantic salmon alevins. The Progressive Fish-Culturist 49:140–143.
- Daniels, H. V., D. L. Berlinsky, R. G. Hodson, and C. V. Sullivan. 1996. Effects of stocking density, salinity, and light intensity on growth and survival of Southern flounder Paralichthys lethostigma larvae. Journal of the World Aquaculture Society 27(2):153–159.
- Danilova, M. M., and O. Branch. 1994. Diet and size-weight relationships of some larval and juvenile fishes of the Black Sea. Journal Ichthyology 6:149-151.
- Denson, M. R., and T. I. J. Smith. 1996. Larval rearing and weaning techniques for white bass Morone chrysops Journal of the World Aquaculture Society 27(2):194-201.
- Duray, M. N., C. B. Estudillo, and L. G. Alpasan. 1996. The effect of background color and rotifer density on rotifer intake, growth and survival of the grouper (Epinephelus suillus) larvae. Aquaculture 146:217-224.
- Freire, K. M. F. 1995. Alimentação de larvas de Engraulis anchoita (Teleostei: Engraulidae) na plataforma continental do Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de mestrado, Depto. Oceanografia da Universidade do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Gerking, S. D. 1994. Feeding Ecology of Fish. Academic Press, New York, USA.
- Heath, M. R. 1992. Field investigations of the early life stages of marine fish. Advances in Marine Biology 28:1-174.
- Hunter, J. R. 1984. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. Pages 33-77 in R. Lasker, editor. Marine fish larvae: morphology, ecology, and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program,

Washington, USA.

- Kamler, E. 1992. Early life history of fish an energetics approach. Chapman and Hall, London, England.
- Krise, W. F., and J. W. Meade. 1986. Reviw of the intensive cultured pf walleye fry. *The Progressive Fish-Culturist* 48(2):81-89.
- Matsumura-Tundisi, T., e W. M. Silva. 1999. Crustáceos copépodos planctônicos. Pages 93-100 in D. Ismael, W. C. Valenti, T. Matsumura-Tundisi, e O. Rocha, editors. *Invertebrados de água doce*. Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Nass, K., I. Huse, and J. Iglesias. 1996. Illumination in first feeding tanks for marine fish larvae. *Aquacultural Engineering* 15(4):291–300.
- Ostrowski, A. C. 1989. Effect of rearing tank background color on early survival of dolphin larvae. *The Progressive Fish-culturist* 51(3):161-163.
- Planas, M. and I. Cunha. 1999. Larviculture of marine fish: problems and perspectives. *Aquaculture* 177:171-190
- Pedreira, M. M. 1997. Alimentação e hábito alimentar de larvas de Trachurus lathami (Teleostei: Carangidae) na região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Peterson, W. T., and S. J. Ausubel. 1984. Diets and selective feeding by larvae of Atlantic mackerel Scomber scombrus on zooplankton. *Marine Ecology Progress Series* 17:65-75.
- Roo, F. J., J. Socorro, M. S. Izquierdo, M. C. Caballero, C. M. Hernández-Cruz, A. Fernández, and H. Fernández-Palácios. 1999. Development of red porgy Pargus pargus visual system in relation with changes in the digestive tract and larval feeding habits. *Aquaculture* 179:499–512.
- Senger, H. 1994. Nutritional physiology in fish larvae. Chapter 4 in J. Verreth, editor. *FOURTH INTERNATIONAL COURSE ON FISH LARVAE NUTRITION*. Wageningen, 1994. The Netherlands. Department of Fish Culture and Fisheries. Mimeo.,
- Senhorini, J. A., G. M. Figueiredo, N. A. Fontes, and J. Carlosfeld. 1988. Larvicultura e alevinagem do pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887), tambaqui Colossoma macropomum (Cuvier, 1818)

- e seus respectivos híbridos. Boletim Técnico do CEPTA 1(2):19-27.
- Sipaúba-Tavares, L. H. 1995. Influência da luz, manejo e tempo de residência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura. Biotemas 8:61-71.
- Tamazouzt, L., B. Chatain, and P. Fontataine. 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (Perca fluviatilis). Aquaculture 182:85-90.
- Vorinen, I., M. Rajasilta, and J. Salo. 1983. Selective predation and habitat shift in a copepod species-support for the predation hypothesis. Oecologia 559:62-64.
- Young, J. W., and T. L. O. Davis. 1990. Feeding ecology of larvae of southern bluefin albacore and skipjack tunas (Pisces: Scombridae) in eastern Indian Ocean. Marine Ecology Progress Series 61:17-29.
- Young, J. W., and T. L. O. Davis. 1992. Feeding ecology and interannual variations in diet of larval jack mackerel, Trachurus declivis (Pisces: Carangidae), from coastal waters of eastern Tasmania. Marine Biology 113:11-20.
- Winfield, I. J., and C. R. Townsend. 1983. The cost of copepod reproduction: increased susceptibility to fish predation. Oecologia 60:406-411.

Tabela 1. Valores médios de sobrevivência, peso e biomassa encontrados para larvas de Colossoma macropomum após 20 dias de cultivo em aquários de cor clara e escura.

	Sobrevivência (%)	Peso (mg)	Biomassa (g)	Comprimento (mm)
Claro	67.5 ± 41.6a	32.3 ± 23.3a	1.5 ± 0.6a	1.5 ± 0.2a
Escuro	9.4 ± 20.9b	21.6 ± 12.7a	0.7 ± 0.9a	1.4 ± 0.1a

Médias, da mesma coluna, seguidas por letras diferentes são diferentes ($P < 0.05$) segundo teste *t*.

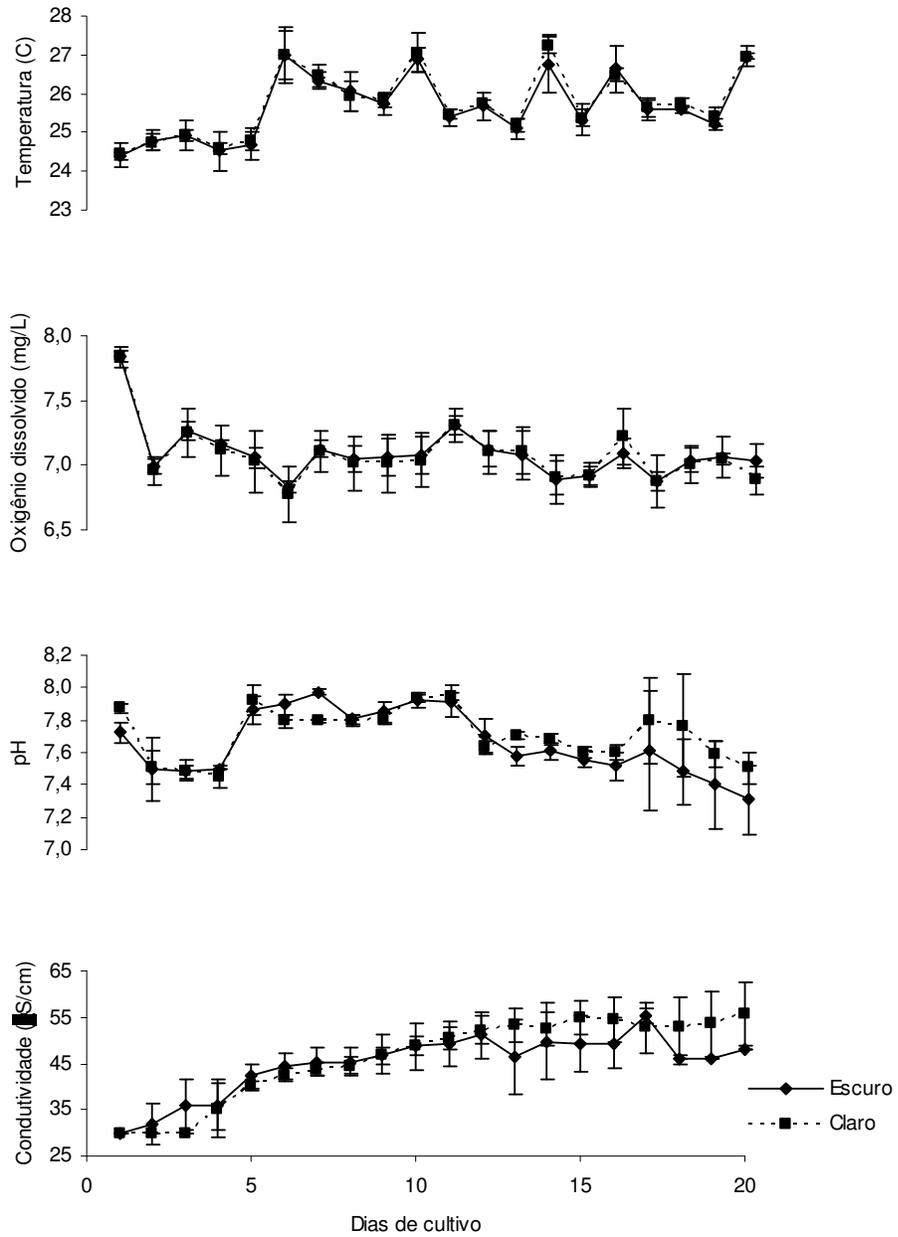


Figura 1. Valores médios e desvios padrões das variáveis limnológicas em tanques Claro, verde claro e Escuro, marrom, no cultivo de larvas de tambaqui Colossoma macropomum.

Capítulo 2 - Efeito da seleção do tamanho da presa e acréscimo de ração no cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus.

Resumo

O experimento foi realizado no Centro de Aqüicultura da UNESP (CAUNESP), em Jaboticabal-SP, durante 16 dias, quando larvas de piracanjuba B. orbignyanus foram submetidas a 4 diferentes tratamentos, com 6 réplicas cada; (P) plâncton natural, selecionado por peneiras de 1,000 µm; (PS) plâncton natural, selecionado por peneiras de 350 µm até o décimo dia, a partir de quando utilizou-se a peneira de 500 µm; (PR) plâncton natural, selecionado por peneiras de 1,000 µm, mais ração, a partir do terceiro dia da abertura da boca; (PSR) plâncton natural, selecionado por peneiras de 350 µm até o décimo dia, a partir de quando utilizou-se a peneira de 500 µm, mais ração, a partir do terceiro dia da abertura da boca. As larvas foram alimentadas com plâncton, oferecido "ad libitum", uma vez ao dia e com ração ministrada três vezes ao dia (0800, 1400 e 1800 h). As variáveis limnológicas, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade foram similares para todos os tratamentos e estiveram dentro de uma faixa adequada para a espécie. A única exceção que a despeito de ser similar estatisticamente, foi abaixo da faixa de conforto para a espécie. A taxa de sobrevivência, peso médio, biomassa e comprimento total dos tratamentos P (13.5%^c, 53.0^a mg, 0.80^c g, 12.5^b mm), PR (18.6%^b, 42.2^b mg, 1.37^b g, 13.3^b mm), PS (23.4%^{ab}, 26.6^c mg, 2.71^a g, 15.6^a mm) e PSR (26.4%^a, 26.7^c mg, 2.99^a g, 15.0^a mm) variou significativamente ($P < 0.05$). Os resultados sugerem que a seleção do tamanho da presa provavelmente diminui a hierarquia alimentar, atenuando o crescimento heterogêneo e conseqüentemente o canibalismo. A adição da ração ao alimento natural beneficia o crescimento.

Abstract

The study was carried out at Aquaculture Center, UNESP, between 19 November and 5 December, 1999. Piracanjuba larvae Brycon orbignyanus were reared in laboratory and fed the following four dietary treatments: 1) plankton (P) screened in 1,000 μ m sieve; 2) plankton and ration (PR) screened in 1,000 μ m sieve, plus ration starting on the third day of exogenous feeding; 3) plankton (PS) screened in 350 μ m sieve, for the first tenth d and in 500 μ m sieve in the subsequent days; and 4) plankton and ration (PSR) screened in 350 μ m sieve, during the first tenth d and in 500 μ m sieve in the subsequent days, plus ration starting on the third d of exogenous feeding. Feeding was "ad libitum", ration was offered three times a d and natural plankton once a day. Limnological variables, water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, were similar for all treatments and within the range adopted for the species. The only exception was the temperature, which in spite of similar statistically remained below the observed range for the species. Survival rates, average weight, biomass and total length results for P (13.5%_c, 53.0_a mg, 0.80_c g, 12.5_b mm), PR (18.6%_b, 42.2_b mg, 1.37_b g, 13.3_b mm), PS (23.4%_{ab}, 26.6_c mg, 2.71_a g, 15.6_a mm) and PSR (26.4%_a , 26.7_c mg, 2.99_a g, 15.0_a mm) varied significantly ($P < 0.05$) according to Student-Newman-Keuls. The results suggest that prey size selection correlates positively with larvae survival rates, probably due to decreasing of alimentary hierarchy, thus attenuating growth heterogeneity and consequently, cannibalism. Ration added to natural food also proved to be beneficial, although ration as the only.

Larvas de peixes, nos primeiros dias de alimentação exógena, capturam organismos menores devido à sua pequena abertura de boca

(Blaxter 1969, Hunter 1984), porém, no decorrer do seu desenvolvimento, apresentam maior eficiência de captura (Gerking 1994) devido à rápidas alterações das características funcionais, anatômicas, fisiológicas e comportamentais, conduzindo a uma melhor performance alimentar (Kamler 1992), passando a selecionar as presas. Alterações na seletividade alimentar ao longo do desenvolvimento também vêm sendo relatadas para larvas de Characiformes, peixes tropicais de água doce, como para tambaqui Colossoma macropomum (Sipaúba-Tavares 1993), o pacu Piaractus mesopotamicus (Sipaúba-Tavares e Braga 1999) e larvas de piracanjuba B. orbignyanus (Senhorini 1999). Durante os estágios iniciais, as larvas tendem a ser mais eurifágicas (Arthur 1976). Para Mendiola (1974) e Mendiola e Gómez (1981), a necessidade de alguns fitoplanctontes na primeira alimentação funciona como uma aprendizagem do comportamento, antes de predação organismos do zooplâncton. Por outro lado, Hunter (1984) supõe que a tendência das larvas se alimentarem de ampla gama de organismos, em sua fase inicial de vida e subsequente especialização, pode ser simplesmente devido à existência, no meio ambiente, de uma grande variedade de organismos pequenos com tamanhos apropriados. O autor salienta, que durante o crescimento de cada espécie, existe uma relação boca/comprimento, cuja diferença provavelmente é responsável pelas variações específicas na seleção do tamanho da presa. Apesar das larvas de piracanjuba passarem rapidamente pelo estágio, em que estariam limitadas a capturar presas pequenas, apresentando canibalismo 38 h após eclosão (Dumont-Neto et al. 1997), alguns pesquisadores têm destacado a importância de se empregar a alimentação em qualidade e quantidade adequadas, a fim de mitigar os efeitos do canibalismo, otimizando o cultivo

da espécie (Piovezan 1994; Cecarelli 1997). Baseado nestas características, e na possibilidade de se obter melhores desempenhos no cultivo, suplementando-se o alimento natural com ração, como observaram (Lubzens et al. 1984, 1987 e Senhorini e Fransozo 1994), buscou-se neste trabalho adequar o manejo alimentar, empregando-se dois tamanhos de partículas alimentares com e sem acréscimo de alimento inerte.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Centro de Aqüicultura da UNESP (CAUNESP), em Jaboticabal-SP, de 19 de novembro a 5 de dezembro, de 1999, quando foram utilizadas larvas de piracanjuba B. orbignyanus, obtidas de 17 para 18 de novembro através de reprodução induzida.

As larvas de mesma desova (1.4 mg e 5.29 ± 0.16 mm de comprimento total) foram mantidas em aquários com 50 L de água, na densidade de 6 larvas/L, com aeração constante e luminosidade obtida pelo fotoperíodo do dia. A cada dois dias os tanques eram sifonados para remoção de dejetos, quando também realizava-se a troca de 20% do volume de água do aquário, adicionando-se água filtrada em filtros com 5 e 3 μm de porosidade.

Obtenção de Zooplâncton Natural

O zooplâncton foi coletado nos tanques de piscicultura e concentrado em rede de 58 μm de abertura de malha, mantido vivo em recipientes de 12 L e distribuídos nos tratamentos.

Alimento Artificial

Foi fornecido alimento inerte (ração) comercial para alevinos, triturada e peneirada em duas granulometrias: farelado, com tamanho de partícula de até 350 μm e em grão de 500 a 1,000 μm . A composição da ração comercial, segundo os fabricantes (Superfish) era: umidade máxima, 13%, proteína bruta mínima, 32%, extrato etéreo mínimo, 4%, matéria fibrosa máxima, 6%, matéria mineral máxima, 12%, cálcio máximo, 2.5%, fósforo mínimo, 0.8%.

Tratamentos Alimentares

As larvas de piracanjuba foram submetidas a 4 diferentes tratamentos, com 6 réplicas cada; (P) plâncton natural, selecionado por peneiras de 1,000 μm ; (PS) plâncton natural, selecionado por peneiras de 350 μm até o décimo dia, a partir de quando utilizou-se a peneira de 500 μm ; (PR) plâncton natural, selecionado por peneiras de 1,000 μm , mais ração, a partir do terceiro dia da abertura da boca; (PSR) plâncton natural, selecionado por peneiras de 350 μm até o décimo dia, a partir de quando utilizou-se a peneira de 500 μm , mais ração, a partir do terceiro dia da abertura da boca. As larvas foram alimentadas com plâncton, oferecido "ad libitum", uma vez ao dia e com ração ministradas três vezes ao dia (0800, 1400 e 1800 h).

Variáveis Limnológicas

As variáveis limnológicas, foram monitorados diariamente (0700 h), a partir do segundo dia experimental, oxigênio dissolvido, temperatura (oxímetro YSP 55; ± 0.1 C, ± 0.01 mg/L), pH (Corning pH 30 sensor; ± 0.1) e

condutividade (Corning CD – 55; $\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$). Também foram mensurados os valores máximos e mínimos da temperatura do ar. Os valores das variáveis limnológicas foram comparados por análise de variância (one-way ANOVA), com nível de significância de 0.05 e teste de Student-Newman-Keuls ou por Kruskal Wallis, quando não havia normalidade dos dados e/ou homosdadicidade das variâncias.

Determinação da Eficiência do Cultivo por Análise Estatística

Os valores de sobrevivência, peso médio, biomassa (Balança, Scientch AS 210; $\pm 0.001 \text{ g}$) e comprimento total foram tomados ao término do experimento. Para cada repetição, o total de larvas foi pesado, considerando-se este valor a biomassa, que dividida pelo número de indivíduos obteve-se o peso médio da larva. O comprimento total das larvas foi determinado a partir da medição de 87 (P), 87 (PR), 86 (PS) e 90 (PSR) larvas.

A análise do efeito dos tratamentos sobre as larvas de piracanjuba foi realizada comparando-se sobrevivência, peso médio, biomassa e comprimento total, por análise de variância (one-way ANOVA), com nível de significância de 0.05 e teste de Student-Newman-Keuls.

Resultados

A sobrevivência no tratamento PSR (21.7 a 32.0%) foi significativamente ($P < 0.05$) superior aos PR (17.0 a 22.0%) e P (5.7 a 20.7%), enquanto no tratamento P, foi significativamente inferior aos PSR, PS (18.7 a 26.3%) e PR (Table 1).

Nos tanques em que as larvas foram alimentadas com plâncton (P)

houve acúmulo de organismos no fundo, mortos e vivos, formando um emaranhado que aprisionava as larvas mais debilitadas, ocasionando a morte. Estes aglomerados surgiram tardiamente nos aquários onde as larvas foram alimentadas com plâncton selecionado. O emaranhado de detritos sobre as larvas, dificultou o manejo, requerendo um maior cuidado no sifonamento, principalmente, no início do experimento quando as larvas ainda não permaneciam na coluna d'água, devido a ausência da vesícula gasosa. Neste estágio de desenvolvimento, as larvas deslocavam em pulsos esporádicos, no sentido vertical, acompanhado por momentos de repouso sobre o fundo.

Nos tratamentos com ração farelada (PR e PSR), as larvas apresentaram o comportamento de posicionamento e captura de partículas de ração desde o terceiro dia de vida. Contudo, a grande quantidade de plâncton disponível e o movimento destes organismos levaram as larvas aparentemente a preferirem o alimento vivo, ao longo do experimento. A ração de maior tamanho apresentou uma característica indesejável, provavelmente, em relação à dureza elevada, pois as larvas freqüentemente, abocanhavam e imediatamente regurgitavam. Uma vez depositada sobre o fundo, as larvas não apresentavam interesse pela ração, que posteriormente entrava em decomposição. Devido à inércia do alimento artificial, foi necessário ministrar a ração em pequenas quantidades, por 20 min, para atrair a atenção para o alimento e evitar a deposição sobre o fundo do aquário e posterior decomposição.

A seleção do tamanho da partícula e a adição de ração interferiram positivamente na sobrevivência das larvas. A pouca seleção do plâncton causou baixa sobrevivência no cultivo de larvas de piracanjuba.

Peso médio e biomassa

As larvas do tratamento P (41.4 a 64.1 mg), o de menor sobrevivência média, apresentaram o peso médio significativamente superior aos demais. O peso médio encontrado no tratamento PR (29.0 a 54.1 mg) foi significativamente maior do que o encontrado em PS (21.3 a 32.0 mg) e PSR (23.0 a 32.8 mg), que foram estatisticamente semelhantes entre si. Nos tratamentos com maiores taxas de sobrevivência, as larvas apresentaram menor peso médio, ocorrendo uma inversão entre a média da sobrevivência e o peso (Tabela 1).

A biomassa dos tratamentos PSR (2.71 a 3.83 g) e PS (1.78 a 3.33 g) foram significativamente semelhantes entre si e maiores que as encontradas nos tratamentos PR (0.98 a 1.80 g) e P (0.29 a 1.19 g), que por sua vez, foram significativamente diferentes (Tabela 1).

A seleção de tamanho do alimento e a adição de ração influíram positivamente na biomassa dos tratamentos, acompanhando a tendência observada para a taxa de sobrevivência.

Comprimento total

As larvas do tratamento P (11.6 a 13.6 mm) e PR (12.7 a 14.8 mm) apresentaram o comprimento total semelhantes entre si, porém, significativamente inferior ao das larvas submetidas aos tratamentos PS (14.8 a 16.3 mm) e PSR (14.3 a 15.5 mm), que foram significativamente semelhantes entre si (Tabela 1).

Variáveis limnológicas

No período do experimento, os valores médios de temperatura da

água variaram de 19.1 a 22.4 C, o oxigênio dissolvido de 6.98 a 8.00 mg/L, o pH de 8.13 a 8.50 e a condutividade de 185 a 232 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 2). Foram observadas baixas temperaturas da água, com alto valores de pH, condutividade e concentração de oxigênio dissolvido para todos os tratamentos. Ao longo do experimento, os parâmetros foram significativamente semelhantes ($P > 0.05$) entre os tratamentos, não devendo ter interferido, nas diferenças apresentadas. Somente no décimo dia, a concentração de oxigênio dissolvido diferiu significativamente entre os tratamentos, sendo superior em PS e PSR e semelhante entre PSR, P e PR. No entanto, as diferenças entre a concentração de oxigênio do tratamento PS e os outros foram pequenas (de 0.13 a 0.19) e ocorreram em um único dia. Destaca-se nos resultados, a ampla variação diária da temperatura do ar (Fig. 2) e as baixas taxas de sobrevivência encontradas.

Discussão

Os resultados têm mostrado que o plâncton, importante nos primeiros dias de vida das larvas de Brycom (Lopes et al. 1994, 1995; Ceccarelli e Senhorini 1996), se selecionado por tamanho ou acrescido de alimento inerte (ração), proporciona melhores condições de cultivo.

O melhor desempenho do cultivo das larvas de piracanjuba (Characiforme), alimentadas com plâncton mais ração (sobrevivência, 18.6%, biomassa, 1.37 g), quando comparado as larvas alimentadas unicamente com plâncton (sobrevivência, 13.5%, biomassa, 0.80 g), tem respaldo no trabalho com larvas de piracanjuba de Alvarez (1999). Experimentos com outras espécies também têm demonstrado uma efetiva melhora no cultivo, quando acrescenta-se alimento inerte ao plâncton, casos

da carpa Cyprinus carpio (Lubzens et al. 1984), de C. carpio e Caracius sp. (Lubzens et al. 1987) e com pacu P. mesopotamicus (Characiforme) (Senhorini e Fransozo 1994). No entanto, o plâncton tem se mostrado essencial na dieta das larvas de Brycon (Lopes et al. 1994; Ceccarelli e Senhorini 1996; Ceccarelli 1997; Dumont-Neto et al. 1997), e de outras espécies nativas (Characiformes), como o pacu (Senhorini e Fransozo 1994; Sipaúba-Tavares e Braga 1999), pacu e tambaqui C. macropomum (Sipaúba-Tavares 1988; Sipaúba-Tavares e Rocha 1993). Essa necessidade estaria relacionada à presença do alimento no trato digestivo ativar a ação enzimática da larva (Ueberschär 1995), além da protease exógena, atividade proteolítica da presa, contribuir para a atividade proteolítica da larva (Walford e Lann 1993). Alguns autores descrevem que a maioria destas enzimas é sintetizada pela própria larva como uma reação a estímulo físico pela ingestão da comida, facilitando a assimilação da ração (Fänge e Grove 1979; Hjelmeland et al. 1988; Pedersen e Andersen 1992). Em compensação, Lauff e Hofer (1984) e Galvão et al. (1997) responsabilizam a rápida degeneração e assimilação do plâncton pela larva à alta atividade proteolítica das enzimas planctônicas. Esses argumentos mostram a necessidade de alimento vivo, plâncton, e explicam a maior sobrevivência e biomassa das larvas alimentadas com plâncton e ração (PR), quando comparadas as alimentadas exclusivamente com plâncton (P), pois, a decomposição do plâncton antecipa e facilita a assimilação da ração nos primeiros dias de alimentação exógena, quando o trato digestivo está em formação.

O maior peso médio das larvas submetidas ao tratamento Plâncton, o de menor sobrevivência, pode ser explicado pela maior disponibilidade de

alimento, pois segundo Duray et al. (1997) e Verreschi et al. (1997) em tanques com menor sobrevivência, as larvas tendem a crescer mais devido à diminuição da competição por alimento.

Tamanho e tipo de presa

A seleção do tamanho da partícula alimentar interferiu positivamente no rendimento do cultivo das larvas, resultando em melhores sobrevivência e biomassa. Larvas de piracanjuba apresentam seletividade alimentar positiva, estando no terceiro dia de idade (8.0 ± 0.6 mm CT) com o tubo digestivo repleto em mais de 80% de Cladocera (Senhorine 1999). Alvarez (1999), cultivando larvas de piracanjuba B. orbygnianus, obteve sobrevivências de $29.3\% \pm 9.9$, quando alimentadas com plâncton natural, onde a dominância era de Rotifera ($53.8\% \pm 7.8$), seguidos por Copepoda ($40.3\% \pm 6.6$ predominância de náuplios) e Cladocera ($6.0\% \pm 4.2$).

O tamanho e a disponibilidade dos organismos planctônicos parecem interferir na captura das presas e no sucesso do cultivo de larvas, dos Characiformes, Brycon (Lopes et al. 1994; Ceccarelli e Senhorini 1996; Ceccarelli 1997) tambaqui C. macropomum e tambacu, híbrido de pacu P. mesopotamicus com tambaqui C. macropomum (Sipaúba-Tavares 1993) e pacu P. mesopotamicus (Sipaúba-Tavares e Braga 1999). Larvas de várias espécies, inicialmente, apresentam uma pequena abertura de boca, que as obriga a um consumo de presas pequenas (Blaxter 1969; Hunter 1984). Larvas de piracanjuba passam por esse período muito rapidamente, devido ao seu desenvolvimento acelerado, apresentando canibalismo 38 h após eclosão (Dumont-Neto et al. 1997). No entanto, cultivos em que o tamanho do alimento vivo é selecionado têm apresentado melhores resultados.

Larvas de piracanjuba têm taxas de sobrevivências regulares quando alimentadas com plâncton (Artemia sp) (Piovezan 1994). Dumont-Neto et al. (1997), para minimizar o canibalismo entre as larvas de piracanjuba, ofereceram larvas de tambaqui como alimento inicial. A diminuição do canibalismo estaria relacionada às larvas de tambaqui apresentarem tamanho ideal para ingestão e capacidade de fuga reduzida. A seleção do tamanho ideal de presa é de tamanha importância, que a presença de uma segunda espécie de larva de peixe, com outro tamanho e comportamento, é o suficiente para aumentar o canibalismo entre larvas de matrinxã (B. cephalus), diminuindo a eficiência do cultivo (Ceccarelli 1997). A utilização de larvas de outras espécies, como alimento de larvas de Brycon para diminuir o canibalismo, tem sido amplamente empregada (Woynarovich e Sato 1990; Ceccarelli e Senhorini 1996; Ceccarelli 1997; Gomes et al. 2000).

Apesar de não terem sido oferecidas larvas de outras espécies de peixes, os tratamentos com plâncton selecionado (PS e PSR), após 16 dias de cultivo, apresentaram sobrevivências (23.4 e 26.4%, respectivamente) superiores às encontradas por Mendonça (1994), para larvas de B. orbignyianus, cultivadas por 20 dias, inicialmente alimentadas com larvas de pacu (5.6, 7.3 e 4.6%) e por Piovezan (1994), em cinco tratamentos alimentares, por 15 dias de cultivo. Os resultados desse trabalho ainda foram superiores aos obtidos por Lopes et al. (1994) com B. cephalus, em 18 dias de cultivo e três tratamentos alimentares ($9.0 \pm 4.2\%$; $17.0 \pm 2.0\%$ e $0.5 \pm 0.7\%$). Porém, o trabalho de Senhorini (1999), com larvas de B. orbignyianus, por 23 dias, apresentou maior sobrevivência ($40.1 \pm 7.0\%$). No entanto, o experimento foi iniciado após a fase crítica de canibalismo (62 horas de vida) e com condições adequadas de temperatura (26.0 a 31.9 C,

contra 18.2 a 22.5 C deste experimento), baixa densidade de estocagem (aproximadamente, de 0.02 a 0.03 larvas/L contra 6 larvas/L desse trabalho) e tanque com maiores dimensões (1050 m², contra 50 L). Fica subtendido que os tratamentos PS e PSR apresentaram presas em quantidade e qualidade, se não ideais, pelo menos compatíveis com a capacidade de captura das larvas nos primeiros dias de vida, mitigando o canibalismo. O aumento do tamanho da malha da peneira e da presa objetivou otimizar a relação custo/benefício que cresce quanto menor for a presa (Kanler 1992 e Duray et al. 1997), maior a mobilidade e menor densidade da presa (Kanler 1992).

Os baixos resultados encontrados para larvas alimentadas exclusivamente com plâncton, possivelmente estão relacionados com a composição do plâncton, tendo em vista que, taxas de sobrevivência e crescimento de larvas de peixes dependem principalmente da disponibilidade e qualidade do alimento no campo ou em sistemas de cultivo (Ueberschär 1995), como também observaram Ceccarelli e Senhorini (1996) e Senhorini (1999), para larvas de Brycon em tanques de terra. A diversidade de tamanho de presas deve ter proporcionado um crescimento acelerado de algumas larvas de piracanjuba, permitindo que essas predassem as menores, assim como fora observado por Ceccarelli e Senhorini (1996) com B. orbignyanus, e Ceccarelli (1997) com B. cephalus. Volpato et al. (1989) descrevem que tilápias maiores, da mesma prole, inibem o crescimento das menores, comendo e crescendo mais e que, a maior oferta de alimentos pode aumentar a heterogeneidade do crescimento, possivelmente devido ao acesso de maiores quantidades de comida pelos dominantes.

Competição

A baixa seleção do plâncton deve ter permitido a competição por alimento, entre larvas de piracanjuba e o plâncton oferecido, influenciando negativamente no cultivo. A possível presença de um Copepoda com hábitos similares ao Mesocyclops gênero de Copepoda Cyclopoida comum no estado de São Paulo (Sendacz e Kubo 1982), que predam seletivamente copepoditos e Cladocera, faria com que ocorresse uma redução do alimento ideal para o estágio inicial de alimentação exógena, como sugeriu Behr et al. (1997) para Pseudoplatystoma corruscans. Esse problema começou a ser constatado, com larvas de peixes nativas quando começaram a intensificar as larviculturas. Basile-Martins et al. (1987), cultivando P. mesopotamicus, em sistemas e ambiente fechados, onde se fornecia plâncton coletados em tanques adubados, já citava que os Cyclopoida, diminuía a disponibilidade de alimento por predarem outros Copepoda, Cladocera e Rotifera.

Predação

Não somente a competição, mas a predação do zooplâncton sobre as larvas, exposição a Cyclopoida nos primeiros dias, nos agregados sobre o fundo, pode ter sido um dos motivos da menor sobrevivência do tratamento P. O Copepoda Cyclopoida, M. longisetus é predador extremamente indesejável durante a fase inicial (5.7 mm CT) de criação larvas de pintado P. corruscans (Behr et al. 1997). Contudo, quando as larvas atingem um determinado tamanho (14.0 mm CT), deixam de ser predadas e passam a tentar se alimentar do Copepoda. Os autores constataram que o nível da predação depende do estágio de desenvolvimento da larva, da densidade de

Copepoda e do tempo de exposição da larva ao predador, sendo analisado a taxa de predação em 1, 4, 7, 10, 13 e 25 h. O período de exposição das larvas de piracanjuba nesse experimento, foi bem maior, pois o plâncton permanecia vivo nos tanques. Santos e Godinho (1994) também constataram que o pequeno porte das larvas de pintado (eclode com 3.3 mm CT atingindo 5.5 mm em 4 dias) facilita a sua predação. Woynarovich e Horváth (1983) e Behr et al. (1997) observam Cyclopoida carnívoros agregados sobre a pele e nadadeira das larvas, provocando lesões até fatais. Basile-Martins et al. (1987) também observam Copepoda Cyclopoida adultos, presentes no plâncton fornecido, fixos na membrana ou no corpo das larvas que, após o ataque, apresentavam dificuldade de locomoção e morriam em seguida. O mesmo processo deve ter ocorrido com as larvas de piracanjuba, principalmente nos primeiros dias de vida, pois, devido à sua baixa capacidade de natação, ficavam sobre o fundo, onde o plâncton com os dejetos envolviam as larvas. Contudo, devido ao rápido crescimento, o ataque por Copepoda Cyclopoida deixaria de ter importância em poucos dias.

A concentração de plâncton oferecido às larvas de piracanjuba visou aumentar a disponibilidade de presas, pois segundo Duray et al. (1996), cultivando larvas de garoupas Epinephelus suillus, quanto maior for a concentração de presas, maiores são as chances da larva encontrar, capturar e crescer. Similar resultado foi encontrado para larvas de Caracius sp., porém, variações na resposta das larvas foram observadas, sendo atribuídas às características da espécie, diferença no método de alimentação e a qualidade do alimento (Lubzens et al. 1987). Os resultados deste experimento também sugerem que, em sistemas intensivos, onde

mantêm-se altas taxas de encontro larva-plâncton, as interrelações tróficas, predação e competição, com as larvas de peixes são complexas, podendo ser problemáticas como fora observado por Basile–Martins et al. (1987) com larvas de P. mesopotamicus.

Apesar deste trabalho não ter sido planejado para quantificar o impacto da predação e competição do zooplâncton sobre o cultivo de larvas de peixes, as menores sobrevivências encontradas para o tratamento P sugerem que estes dois fatores, também interferiram no desempenho do cultivo. A utilização de organismos vivos, adequados à alimentação das larvas de Characiformes, obtidos de cultivo massivo, como têm sido conduzidas ou sugeridas por Sipaúba-Tavares (1988 e 1993) e Sevilla e Günther (2000), mostra-se uma forma efetiva para contornar o problema de qualidade do plâncton oferecido.

Variáveis limnológicas

Apesar das variáveis limnológicas não apresentarem diferenças, os baixos valores de sobrevivência ($13.5 \pm 6.1\%$ no tratamento P a $26.4 \pm 4.1\%$ no PSR) e crescimento das larvas (12.5 ± 0.8 mm no tratamento P a 15.6 ± 0.7 mm no PSR), encontrados no experimento, para todos os tratamentos, devem estar relacionados, além do canibalismo e ao tipo de alimento oferecido, à baixa temperatura da água, de 18.2 a 22.5 C, pois em seu ambiente natural, a temperatura da água, no período de reprodução varia de 26.0 a 32.0 C (Dumont-Neto, et al. 1997), de 26.0 a 30.0 C (Alvarez 1999) e de 26.0 a 29.0 C (Senhorini 1999). Além disso, as bruscas variações de temperatura do ar devem ter provocado consideráveis oscilações na temperatura da água dos aquários (50 L), tornando o meio estressante para

as larvas de piracanjuba. Sendo a temperatura inadequada, uma das principais causas de mortalidade de larvas de peixes (Kanler, 1992), acredita-se que a temperatura tenha influido negativamente a sobrevivência e no crescimento.

Nesse trabalho, fica evidente o efeito positivo da seleção do tamanho de partícula alimentar e do acréscimo da ração, no cultivo intensivo de larvas de piracanjuba. Contudo, trabalhos mais detalhados quanto à qualidade e quantidade do alimento vivo e inerte, e as formas de manejo devem ser conduzidos.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP Processo n 97/11812-1), pelo apoio financeiro, ao Dr. Wagner Cotroni Valenti, ao MsC Afonso Pelli e às Dras. Isabel Cristina Boleli e Dra. Laura Satiko Okada Nakaghi, pelo inestimável apoio a este experimento.

Literatura Citada

- Alvarez, E. J. S. 1999. Dinâmica de algumas variáveis limnológicas em tanques de larvicultura de Brycon orbignyanus (Valenciennes, 1949) (Pisces Characidae) sob dois tipos de tratamentos alimentares. Dissertação de mestrado. Centro de Aqüicultura da UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Arthur, D. K. 1976. Food and feeding of larvae of three fishes occurring in the California Current, Sardinops sagax, Engraulis mordax, and Trachurus symmetricus. Fishery Bulletin 7:517-530.
- Basile-Martins, M. A., N. Yamanaka, O. Jacobsen, e C. M. Ishikawa. 1987. Observações sobre a alimentação e a sobrevivência de larvas de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887) (= Colossoma mitrei, Berg, 1895). Boletim do Instituto de Pesca 14:63-68.
- Behr, E. R.; W. M. Furuya, V. R. B. Furuya, e C. Hayashi. 1997. Efeito da densidade do copépodo ciclopoide Mesocyclops longisetus na predação de larvas de pintado Pseudoplatystoma corruscans. Boletim do Instituto de Pesca 24(especial):261-266.
- Blaxter, J. H. S. 1969. Development: eggs and larvae. Pages 177-252 in W.S. Hoar and D.J. Randall, editor. Fish Physiology, vol. 3. Academic Press. New York, New York, USA.
- Ceccarelli, P. S. 1997. Canibalismo em larvas de matrinxã Brycon cephalus (Günther, 1869). Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Ceccarelli, P. S.; Senhorine, J. A. 1996. Brycon viabilização da produção de alevinos. Panorama da aqüicultura (6)35:10-11.
- Dumont-Neto, R.; Pelli, A., J. L. Freitas, C. L. Costa, A. E. De-Freitas, e N. D.

- C. Barbosa. 1997. Reprodução induzida da piracanjuba (Brycon orbignyanus, Valenciennes, 1903), durante a primeira maturação sexual, cultivada em cativeiro, na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental de Volta Grande - CEMIG. Boletim do Instituto de Pesca 24(especial):105-107.
- Duray, M. N., C. B. Estudillo, and L. G. Alpasan. 1996. The effect of background color and rotifer density on rotifer intake, growth and survival of the grouper (Epinephelus suillus) larvae. Aquaculture 146:217-224.
- Duray, M. N., C. B. Estudillo, and L. G. Alpasan. 1997. Larval rearing of the grouper Epinephelus suillus under laboratory conditions. Aquaculture 150:63-76.
- Fänge, R., and D. Grove. 1979. Digestion. vol 8, Pages 161-260. in W. S. Hoar, D. J. Radall, and J. R. Brett, editors. Fish physiology. Academic Press, New York.
- Galvão, M. S. N., N. Yamanaka, N. Fenerich-Verani, e C. M. M. Pimentel. 1997. Estudos preliminares sobre enzimas digestivas proteolíticas da tainha Mugil platanus Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) durante as fases larval e juvenil. Boletim do Instituto de Pesca 24:101-110.
- Gerking, S. D. 1994. Feeding Ecology of Fish. Academic Press, New York, USA.
- Gomes, L. C., B. Baldisserotto, and J. A. Senhorini. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxã, Brycon cephalus (Characidae), in ponds. Aquaculture 183:7-16.
- Hjelmeland, K., B. H. Pedersen, and E. M. Nielsen. 1988. Trypsin content in intestines of herring larvae, Clupea harengus ingesting inert polystyrene

spheres or live crustacea prey. Marine Biological 98:331-335.

Hunter, J. R. 1984. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. Pages 33-77 in R. Lasker, editor. Marine fish larvae: morphology, ecology, and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program, Washington, USA.

Kamler, E. 1992. Early life history of fish an energetics approach. Chapman and Hall, London, England.

Lauff, M., and R. Hofer. 1984. Proteolytic enzymes in fish development and the importance of dietary enzyme. Aquaculture 37:335-346.

Lopes, R. N. M., J. A. Senhorini, e M. C. F. Soares. 1994. Crescimento e sobrevivência de larvas de matrinxã Brycon cephalus Günther, 1869, (Pisces, Characidae) sob diferentes dietas alimentares. Boletim Técnico do CEPTA 7:41-48.

Lopes, R. N. M., J. A. Senhorini, e M. C. F. Soares. 1995. Desenvolvimento embrionário e larval do matrinxã Brycon cephalus Günther, 1869, (Pisces, Characidae). Boletim Técnico do CEPTA 8:25-39.

Lubzens, E., G. Sagie, G. Minkoff, E. Meragelman, and A. Schneller. 1984. Rotifers (Brachionus plicatilis) improve growth rate of carp (Cyprinus carpio) larvae. Bamidgeh 36(2):41-46.

Lubzens, E., S. Rothbard, A. Blumenthal, G. Kolodny, B. Perry, B. Olund, Y. Wax, and H. Farbstein. 1987. Possible use of Brachionus plicatilis (°F. Müller) as food for freshwater cyprinid larvae. Aquaculture 60:143-155.

Mendonça, J. O. J. 1994. Criação de espécies do gênero Brycon no CEPTA/IBAMA. in: Anais do I Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero Brycon. p.31-48.

Mendiola, B. R. 1974. Food of larval anchoveta Engraulis ringens J. Pages

39-52 *in* J. H. S. Blaxter, editor. The early life history of fish. Springer-Verlag, New York, New York, USA.

Mendiola, B. R., and O. Gómez. 1981. Primera alimentacion, sobrevivencia e tempo actividad de las larvas de anchoveta (*Engraulis ringens* J.). Boletin del Instituto del Mar del Peru Callo volumen extraordinario:72-79.

Pedersen, B. H., and K. P. Andersen. 1992. Inducion of trypsinogen scretion in herring larvae (*Clupea harengus*). Marine Biology 112:559-565.

Piovezan, U. 1994. Efeito da dieta na sobrevivência de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) - CAUNESP. *in*: Anais do I Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero *Brycon*. p. 21-24.

Santos, J. E., e H. P. Godinho 1994. Morfogênese e comportamento larvais do surubim (*Pseudoplatystoma corruscans* Agassiz, 1829) sob condições experimentais. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 46(2):139-147.

Sendacz, S., e E. Kubo. 1982. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. Boletim do Instituto de Pesca 9:51-89.

Senhorini, J. A. 1999. Biologia larval do matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) e do piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849), (Pisces Characidae) em viveiros. Tese de doutorado, Instituto de Bociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.

Senhorini, J. A., e A. Fransozo. 1994. Influência da produtividade dos viveiros e a contribuição da ração na larvicultura do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Holmberg, 1887 (Teleostei, Characidae). Boletim

Técnico do CEPTA 7:27-40.

- Sevilla, A, and J. Günther. 2000. Growth and feeding level in pre-weaning tambaqui Colossoma macropomum larvae. Journal of the World Aquaculture Society 31(2):218-224.
- Sipaúba-Tavares, L. H. 1988. Utilização do plâncton na alimentação de larvas e alevinos de peixes. Tese de Doutorado, Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Sipaúba-Tavares, L. H. 1993. Análise de seletividade alimentar em larvas de tambaqui (Colossoma macropomum) e tambacu (híbrido, pacu - Piaractus mesopotamicus - e tambaqui - Colossoma macropomum) - sobre os organismos zooplancônicos. Acta Limnológica Brasileira 6:114-132.
- Sipaúba-Tavares L. H., e O. Rocha. 1993. Cultivo em larga escala de organismos planctônicos para alimentação de larvas e alevinos de peixes: I - Algas Clorophicea. Biotemas 6:93-106.
- Sipaúba-Tavares, L. H., and F. M. S. Braga. 1999. Study on feeding habits of Piaractus mesopotamicus (pacu) larvae in fish ponds. Naga, The ICLARM Quarterly 22(1):24-30.
- Ueberschär, B. 1995. The use of tryptic enzyme activity measurement as a nutritional condition index: laboratory albration data and field appliation. ICES Marine Science Symposia 201:119-129.
- Verreschi, D. C., J. A. Senhorini, e E. A. Brazil. 1997. Influência da alimentação artificial na larvicultura da carpa comum, Cyprinus carpio Linnaeus, 1858. Boletim Técnico do CEPTA 10:9-17.

- Volpato, G.L., P. M. Frioli, e M. P. Carrieri, 1989. Heterogeneous growth in fishes: Some new data in the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* and a general view about the causal mechanisms. *Boletim de Fisiologia Animal da Universidade de São Paulo* 13:7-22.
- Walford, J., and T. J. Lann. 1993. Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. *Aquaculture* 109:187-205.
- Woynarovich, E., e L. Horváth. 1983. A propagação artificial de peixes de águas tropicais – Manual de extensão. FAO/CODEVASF/CNPq, Brasília, DF, Brasil.
- Woynarovich, E., e J. Sato. 1990. Criação especial de larvas e pós-larvas de matrinhã (*Brycon lundii*) e de dourado (*Salminus brasiliensis*). Pages 134-136 *in* Harvey, B., e Carolsfeld, J. editors. Workshop on larval rearing of finfish, Canadian International Development Agency Interunion Commission on the Application of Science to Agriculture, Forestry and Aquaculture. ICSU. Pirassununga, São Paulo, Brasil.

Tabela 1. Valores de sobrevivência, peso médio, biomassa e comprimento total de larvas de piracanjuba Brycom orbignyana, submetidas a distintos tratamentos alimentares, (P-plâncton, PR-plâncton + ração, PS-plâncton selecionado, PSR-plâncton selecionado mais ração e R-ração) por 16 dias de cultivo.

Tratamento	Médias			
	Sobrevivência (%)	Peso médio (mg)	Biomassa (g)	Comprimento (mm)
P	13.5 ± 6.1c	53.0 ± 8.0a	0.80 ± 0.38c	15.6 ± 1.9a
PR	18.6 ± 2.0b	42.2 ± 8.4b	1.37 ± 0.33b	15.0 ± 1.5a
PS	23.4 ± 3.1ab	26.6 ± 4.4c	2.71 ± 0.57a	12.5 ± 1.2b
PSR	26.4 ± 4.1a	26.7 ± 4.1c	2.99 ± 0.42a	13.3 ± 1.6b

As médias na mesma coluna, seguidas de letras distintas, diferem significativamente ($P > 0.05$) segundo Newman-Keuls.

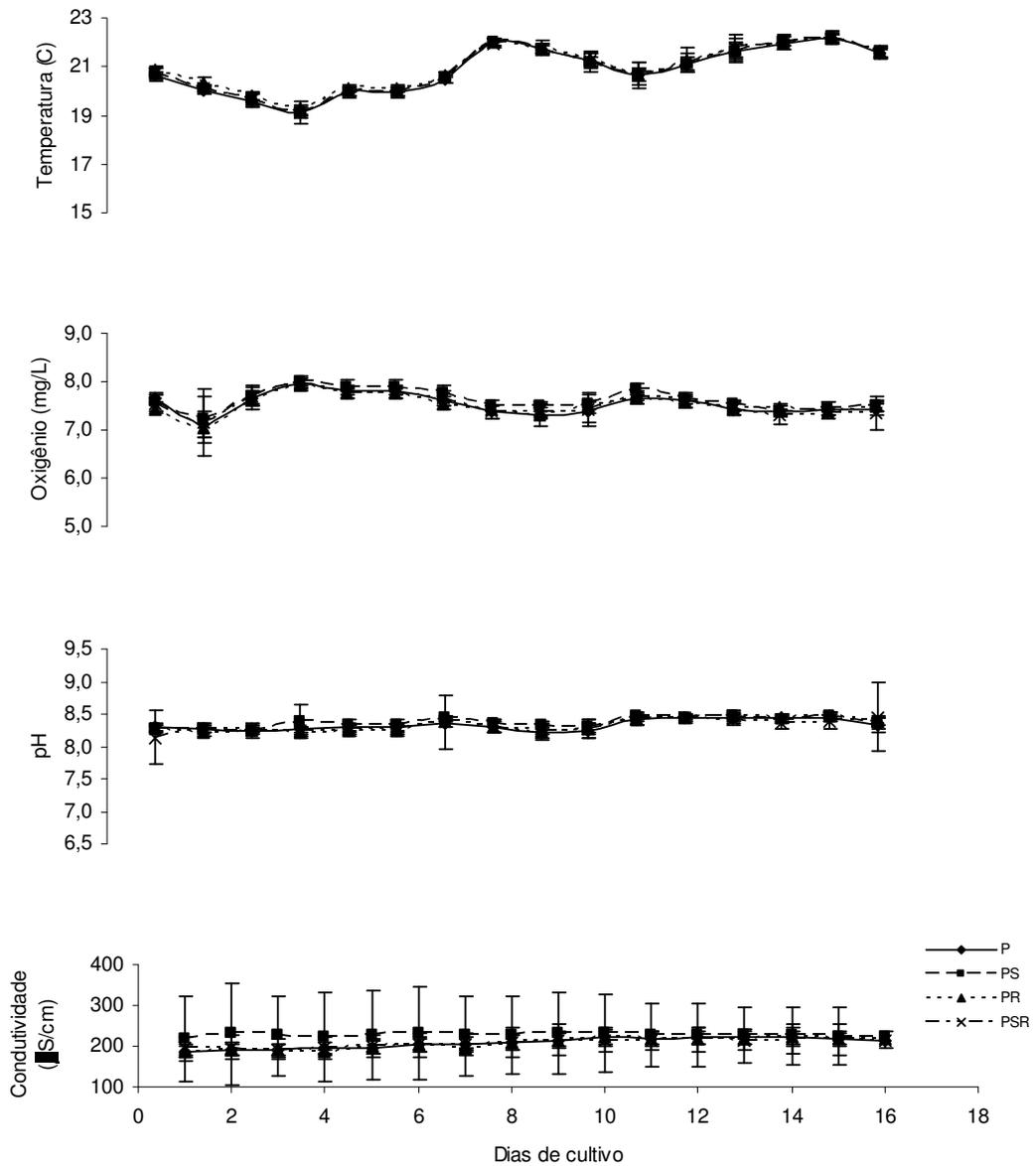


Figura 1. Valores médios e desvios padrões das variáveis limnológicas temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade, dos tratamentos alimentares P (plâncton), PS (plâncton selecionado), PR (plâncton e ração) e PSR (plâncton selecionado e ração), ao longo de 16 dias de cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus.

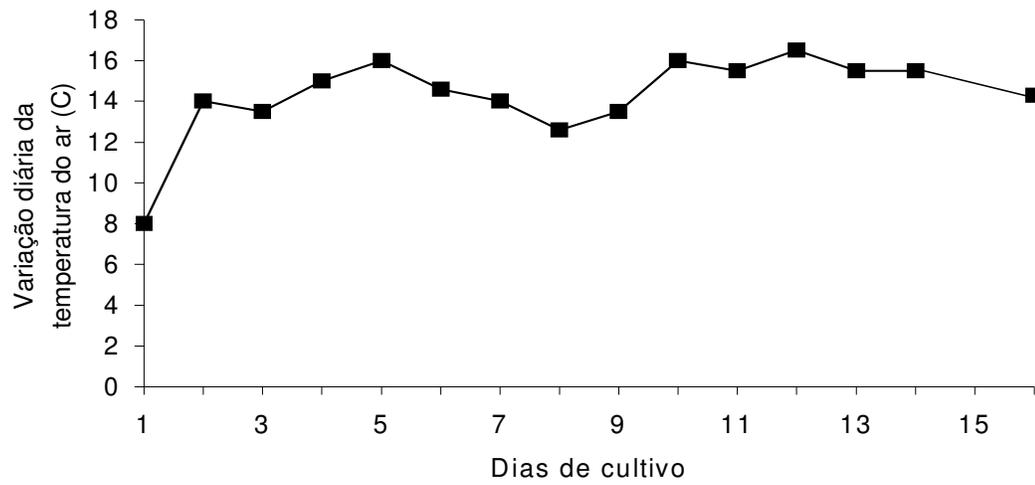


Figura 2. Variação diária da temperatura do ar no experimento com larvas de piracanjuba (Brycon orbignyanus).

Capítulo 3 - Comparação entre três sistemas intensivos: Aeração, Air-lift e Recirculação, no cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus.

Resumo

O experimento comparou a influência de três sistemas no cultivo (16 dias) de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus, espécie neotropical. Os sistemas Aeração, com aeração promovida por pedra aeradora, Air-lift, tanques circulares com air-lift, e Recirculação, tanques com biofiltro, apresentaram significativas diferenças. Aeração e Air-lift foram similares na maioria das comparações e diferiram do Recirculação. Das variáveis limnológicas, a concentração do oxigênio e a condutividade foram iguais entre os tratamentos e estiveram dentro de uma faixa aparentemente adequada para a espécie. A temperatura da água, pH, alcalinidade, CO₂ total, carbonato, bicarbonato e amônia ao longo do experimento, e nitrito, nos últimos dias, foram menores no Recirculação. Já o nitrato foi maior em Recirculação, evidenciando a eficiência da nitrificação. A maioria das variáveis limnológicas foi aparentemente aceitável para a espécie, contudo, os baixos valores da temperatura da água (19.2 a 22.5 C), excessiva oscilação diária da temperatura do ar (8.0 a 16.2 C) e elevadas concentrações de amônia (0.02 a 2.92 mg/L), em Aeração e Air-lift, podem ter influenciado negativamente a sobrevivência das larvas. Comparando a taxa de sobrevivência, peso médio, biomassa e comprimento total de Aeração (17.67%a, 42.2a mg, 1.37a g, 13.3a mm), Air lift (12.83%a, 41.7a mg, 1.04a g, 13.3a mm), e Recirculação (5.17b, 37.8a mg, 0.43b g, 14.0a mm) acredita-se que a elevada taxa de circulação no biofiltro influenciou o Recirculação negativamente. O Aeração foi o sistema mais eficiente por ser o de mais simples manejo, montagem e custo, apresentado o mesmo resultado do Air-lift. Os três sistemas mostraram vantagens e limitações, porém todos foram bastante viáveis para o cultivo de larvas de piracanjuba.

Larvas de Brycon, gênero indígena promissor para o crescimento da aquicultura na América Latina (Saint-Paul 1989), vêm sendo criadas em sistemas convencionais, tanques de terra com baixas densidades de cultivo (Gomes et al. 2000), apesar de apresentarem canibalismo em seus estágios iniciais de vida (Woynarovich e Sato 1990, Ceccarelli 1997), comportamento considerado como um dos responsáveis pelas dificuldades de obtenção de produções comerciais (Gomes et al. 2000). Larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus também apresentam canibalismo 38 h após a eclosão (Dumont-Neto et al. 1997) e têm sido cultivadas em tanques, em ambientes abertos com baixas densidades (Alvarez 1999, Senhorini 1999). Apesar deste ser o sistema de cultivo tradicionalmente utilizado nas larviculturas de peixes no Brasil, alguns experimentos em ambientes confinados vêm sendo

realizados, mas sempre focando estudos estritamente biológicos (Basile-Martins et al 1987, Cekarrelli 1997, Cestaroli et al. 1997).

Cont

rariamente aos tanques convencionais, a qualidade da água em sistemas intensivos deteriora rapidamente e sem a interferência do homem, a mortalidade de peixes seria inevitável (Arbiv e van Rijn 1995). Substâncias tóxicas, valores extremos de temperatura, pH e salinidade e baixas concentrações de oxigênio são os principais fatores abióticos determinantes da morte de embriões e larvas de peixes (Kanler 1992). Em sistemas com reutilização da água a acúmulo de compostos nitrogenados, freqüentemente, tem sido responsabilizado pelo fracasso do cultivo (Arbiv e van Rijn 1995, Horowitz e Horowitz 2000). Mas, recentemente, testes com filtro biológico têm procurado manter concentrações aceitáveis de ortofosfato (Barak e Rijn 2000). Em sistemas intensivos sem utilização de biofiltro Basile-Martins et al. (1987), associaram à mortalidade de larvas de Piaractus mesopotamicus (Characiforme) a redução no teor de oxigênio e a toxicidade da amônia, pois observaram a partir do sétimo dia, mortalidade acentuada e no décimo dia, intensa decomposição de matéria orgânica, que reduziu drasticamente as concentrações de oxigênio dissolvido.

A interação entre qualidade de água, formato do tanque e comportamento do peixe, vem sendo pesquisada desde a década de oitenta (Rosenthal, 1999), onde o tanque tem sido desenhado para proporcionar uma boa mistura e remoção de sólidos (Crippis and Poxton 1992). Ross et al. (1995) estudaram a influência do formato do tanque e das características dos fluxos de água no comportamento, crescimento e metabolismo da truta arco-iris Oncorhynchus mykiss. Ogata e Oku (2000) relacionaram a velocidade da água em tanque ciliíndrico, com características de juvenis de

linguado Paralichthys olivaceus, para determinarem a melhor velocidade do fluxo.

Apesar da importância em se determinar um ajuste entre formato do tanque, características da larva e da água em sistemas intensivos, poucos são os trabalhos que abordam estes itens no cultivo de larvas de espécies nativas. Portanto, este trabalho teve como objetivo comparar três sistemas de cultivo, suas características hidrológicas e como elas interferem na sobrevivência e desenvolvimento das larvas de piracanjuba.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Aqüicultura da UNESP, de 19 de novembro a 5 de dezembro de 1999, com larvas de piracanjuba B. orbignyanus. Testou-se 3 diferentes sistemas (6 repetições): 1) Aeração, com movimentação da água mantida por uma pedra aeradora; 2) Air-lift, água em movimento circular, promovido por duas torres de "air lift" e 3) Recirculação, com um biofiltro dentro do aquário. Nos tratamentos Aeração e Recirculação, os aquários eram retangulares, já os do tratamento Air-lift, circulares, com uma torre central (10 cm de diâmetro) e duas torres de air-lift em laterais opostas (Fig. 1). No Air-lift, foram empregadas duas velocidades, 164.07 ± 72.57 cm/min até o décimo dia de cultivo e 203.10 ± 81.48 cm/min a partir deste. No Recirculação, a velocidade de passagem da água pelo biofiltro foi de 2.08 ± 0.53 L/min, fazendo os 50 L serem recirculados 60.0 ± 15.21 vezes/dia.

As larvas, de mesma desova (1.4 mg e 5.29 ± 0.16 mm de comprimento total), foram mantidas em aquários com 50 L de água, na densidade de 6 larvas/L, com aeração constante e luminosidade obtida pelo

fotoperíodo natural. A cada 2 dias, os tanques eram sifonados para remoção de dejetos, quando também realizava-se a troca de 20% do volume de água do aquário, adicionando-se água filtrada em filtros com 5 e 3 μ m de porosidade. A alimentação foi à vontade, sendo oferecido zooplâncton, coletado em tanques de piscicultura, uma vez ao dia e ração comercial, 32% de proteína bruta mínima, 3 vezes ao dia.

Variáveis Limnológicas

As variáveis limnológicas, oxigênio dissolvido, temperatura (oxímetro YSP 55; ± 0.1 C, ± 0.01 mg/L), pH (Corning pH 30 sensor; ± 0.1) e condutividade (Corning CD – 55; ± 1 μ S/cm) foram monitorados diariamente, às 0700 h, com aparelhos de campo. A cada dois dias, a alcalinidade (Golterman et al. 1978) e os nutrientes, nitrito, nitrato, amônia e ortofosfato (Koroleff 1978, Golterman et al. 1978) eram determinados em laboratório. Também foram tomados os valores máximos e mínimos da temperatura do ar.

Determinação da Eficiência dos Sistemas de Cultivo

Os valores de sobrevivência, peso médio, biomassa (Balança, Scientch AS 210; ± 0.001 g) e comprimento total foram tomados ao término do experimento. Para cada repetição, o total de larvas foi pesado, considerando-se este valor a biomassa, que dividida pelo número de indivíduos obteve-se o peso médio da larva. O comprimento total das larvas foi determinado a partir da medição de 90 larvas no tratamento Aeração, 88 no Recirculação e 72 no Air-lift. Para determinar a influência indireta do sistema de cultivo sobre as larvas, o zooplâncton foi identificado baseado em Barnes (1977), classificado em

Copepoda, náuplio de Copepoda, Cladocera, Outros Crustácea e Outros e contados (indivíduos/L) em placa reticulada sob uma lupa, no aumento de 250 vezes, a partir de 3 sub amostras de 1 ml, de cada tanque.

A análise do efeito dos tratamentos sobre as larvas de piracanjuba foi realizada, comparando-se os valores referentes às larvas, a concentração planctônica e variáveis limnológicas por análise de variância (one-way ANOVA), com nível de significância de 0.05 e teste de Tukey ou por Kruskal-Wallis e teste Student-Newman-Keuls, quando as pressuposições de normalidade e homocedasticidade não eram satisfeitas.

Resultados

As sobrevivências dos sistemas de cultivo Aeração e Air-lift foram significativamente maiores ($P > 0.05$) que no Recirculação (Tabela 1). A mortalidade das larvas, nos primeiros dias de cultivo, foi notadamente maior no Recirculação, onde os organismos planctônicos de grande porte, como Copepoda, eram carregados através do biofiltro devido a intensa recirculação (60.0 \square 15.21 vezes/dia). No entanto, este sistema proporcionou uma maior transparência da água do que em Aeração, o qual apresentou água ligeiramente turva. Nos tanques com biofiltro, a aparição de fungo ao redor da ração e o acúmulo de organismos planctônicos sobre o fundo surgiram após o desenvolvimento do fungo nos Air-lift e Aeração, tendo sido este último, o primeiro a apresentar sintoma de saturação do sistema. O acúmulo de detritos e organismos vivos e mortos, no fundo, formando um emaranhado, invariavelmente determinou a morte das larvas mais debilitadas. Aparentemente, a manutenção de um tanque mais limpo poderia sugerir melhores condições de cultivo, no entanto, a sobrevivência

demonstrou o oposto. A composição do zooplâncton em Aeração, Recirculação e Air-lift foi semelhante ($P > 0.05$), apesar da diferença de cor da água e da filtração sofrida pelo plâncton no Recirculação (Tabela 2). Além de apresentarem semelhanças entre a composição planctônica, as concentrações (indivíduos/L), principalmente de Copepoda e náuplios de Copepoda, foram elevadas. Os táxons mais abundantes foram o Copepoda seguido dos náuplios de Copepoda, Cladocera, Outros Crustacea e Outros. A quantidade de Copepoda ovada das populações também não diferiu significativamente (Aeração 94 ± 79 a indivíduos/L, Recirculação de 69 ± 75 a e Air-lift de 34 ± 45 a indivíduos/L). A presença do biofiltro, próximo a um dos lados do tanque, originou zonas de menor competência energética e movimentação da água, com acúmulo de dejetos. As larvas concentravam-se nesta área, principalmente entre o biofiltro e a lateral do tanque, dificultando o manejo.

No tratamento Air-lift (sobrevivência 14.3%), as larvas apresentaram natação preferencial em sentido contrário da corrente, mantendo-se em uma região na coluna. O fato das presas serem arrastadas na mesma direção do fluxo d'água, porém em sentido contrário ao preferencial de natação das larvas, facilitou a captura, diminuindo o deslocamento necessário para a larva apreender o alimento. Para a larva capturar a presa, posicionava-se de duas formas, atacando a presa a partir de um movimento repentino ou perseguindo, neste caso, nadavam contra ou a favor do fluxo da água.

O fluxo d'água constante e unidirecional e a menor superfície de fundo, dos tanques do tratamento Air-lif, facilitou o sifonamento, diminuindo o tempo de limpeza devido ao acúmulo de dejetos, principalmente no centro do tanque, próximo à base da torre central. O movimento ascendente da

água pela torre de air-lift ressuspendeu parte dos dejetos, sendo necessário desligar a aeração momentos antes do sifonamento, para uma melhor limpeza. As bolhas de ar que estouravam na superfície da água fizeram acumular pequenas quantidades de dejetos e alimentos na parede do tanque, acima do nível da água. O formato do tanque Air-lift também proporcionou uma menor relação superfície ar-água e maior profundidade, que os tanques retangulares (Aeração e Recirculação) para um mesmo volume de água, dificultando a visão e o manejo em geral.

Apesar de no tratamento Aeração (sobrevivência 18.6%) não haver um direcionamento proposital do fluxo de água, este foi ocasionado pela forte aeração. Algumas larvas nadavam no sentido contrário ao da corrente, nas imediações da pedra aeradora, contudo, a maioria das larvas estava distribuída aleatoriamente. A movimentação da água ressuspendeu parte do plâncton, mantendo-o disponível na coluna d'água. A ampla superfície e a cor branca do fundo permitiram bom contraste, contra o dorso escuro da larva, facilitando observações e o manejo, quando comparado ao Air-lift, de fundo branco mas pouca superfície. Mesmo assim, algumas larvas foram encontradas vivas sobre o fundo, envoltas nos dejetos.

Os pesos médios e os comprimentos totais não diferiram significativamente ($P > 0.05$) (28.9 a 54.2 mg e 11.5 a 13.1 mm em Aeração, 29.5 a 51.2 mg e 11.0 a 12.2 mm em Air-lift e 27.1 a 55.4 mg e 11.9 a 13.0 mm em Recirculação). Já a biomassa dos tratamentos Aeração (0.98 a 1.80 g) e Air-lift (0.70 a 1.22 g) foram, semelhantes entre si, porém, maiores ($P < 0.05$) que em Recirculação (0.06 a 0.88 g) (Tabela 1).

Variáveis limnológicas

Os valores de temperatura foram baixos. O Recirculação (19.2 a 22.0 C) apresentou as menores temperaturas de água, sendo significativamente inferior ($P < 0.05$) aos valores observados em Aeração (19.2 a 22.4 C) e Air-lift (19.6 a 22.5 C) do quinto dia em diante, exceto no décimo terceiro dia, quando foram significativamente semelhantes, nos três tratamentos. O Recirculação diferenciou dos demais pela excessiva movimentação da água, promovida pelo biofiltro, o que favoreceu as trocas térmicas devido ao aumento da superfície de contato ar-água. Já o Air-lift, o de menor superfície de contato ar-água, apresentou as maiores temperaturas, sendo superiores ($P < 0.05$) às encontradas em Aeração nos 6 primeiros dias, a partir de quando foram similares (Fig. 2). No décimo sexto dia, a temperatura do Air-lift voltou a ser maior. A temperatura do ar apresentou expressiva oscilação diária (Fig. 3).

As concentrações de oxigênio dissolvido foram altas, ao longo de todo o experimento, havendo grande semelhança entre os tratamentos, 7.00 a 7.92 mg/L em Aeração, 7.04 a 7.88 mg/L em Air-lift, e 7.04 a 8.04 mg/L em Recirculação. Dos 16 dias de cultivo, somente nos 1, 2, 4, 5 e 13 d foram observadas diferenças significativas, e nestes dias, os tratamentos com a maior concentração de oxigênio se alternaram.

O pH manteve-se alto em todos os tratamentos, 8.20 a 8.48 em Aeração, 8.25 a 8.55 em Air-lift e 8.15 a 8.51 em Recirculação. Apesar do biofiltro ser composto por carapaças de moluscos, ricas em carbonato de cálcio, foi observada a mesma tendência da temperatura, sendo o pH no Recirculação significativamente menor ($P < 0.05$), a partir do oitavo dia, voltando no entanto, a apresentar igualdade aos demais nos últimos dois

dias de experimento (Fig. 5). Outra variável que apresentou altos valores foi a condutividade, 185 a 229 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Aeração, 200 a 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Air-lift e 192 a 242 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Recirculação, ocorrendo semelhança entre os tratamentos na maior parte do cultivo. Dos 16 dias, somente no 4, 7, 15 e 16 houve diferença significativa, quando as menores condutividades foram encontradas em Aeração.

A alcalinidade, o CO_2 total e o bicarbonato em Aeração e Air-lift aumentaram com o decorrer do cultivo, enquanto em Recirculação, ocorreu uma pequena diminuição. Na maioria dos instantes observados, Aeração e Air-lift foram semelhantes ($P > 0.05$), enquanto Recirculação diferiu dos demais, logo nos primeiros dias (Fig. 4).

A alcalinidade variou de 178.9 a 216.1 mg/L em Aeração, 176.5 a 212.9 mg/L em Air-lift e 170.4 a 198.0 mg/L em Recirculação. A alcalinidade no tratamento Recirculação diminuiu progressivamente, sendo significativamente inferior ($P < 0.05$) ao do Aeração e do Air-lift, a partir do quarto dia. Já Aeração e Air-lift aumentaram com o tempo, permanecendo significativamente semelhantes ($P > 0.05$).

O CO_2 total oscilou de 217.8 a 262.3 mg/L em Aeração, 213.5 a 256.8 mg/L em Air-lift e 207.2 a 240.9 mg/L em Recirculação. Assim como a alcalinidade, o tratamento Recirculação diminuiu ao longo do cultivo, passando a ser significativamente inferior ($P < 0.05$) ao do Aeração e do Air-lift, a partir do sexto dia. Estes dois foram aumentando de concentração e apresentaram-se semelhantes ($P > 0.05$) no segundo dia, diferindo no quarto e sexto dias, retornando a similaridade do oitavo ao décimo sexto dia.

A

concentração de CO_2 livre mostrou-se bastante parecida entre os

tratamentos, apresentando diferenças ($P < 0.05$) somente no décimo dia, quando o CO_2 livre no Recirculação foi maior que no Air-lift e no décimo quarto dia, quando o CO_2 livre foi maior no Recirculação, do que em Aeração e Air-lift. Os valores oscilaram de 1.42 a 2.40 mg/L em Aeração, 1.25 a 2.06 mg/L em Air-lift e 1.58 a 2.66 mg/L em Recirculação. Se forem traçadas linhas de tendência, será possível observar um suave decréscimo da concentração do CO_2 livre.

A

concentração de carbonato variou de 1.97 a 3.47 mg/L em Aeração, 1.95 a 3.90 mg/L em Air-lift e 1.48 a 2.51 mg/L em Recirculação e, no decorrer do experimento, aumentou em Aeração e Air-lift e manteve-se constante no Recirculação. A partir do oitavo dia, os valores de carbonato foram significativamente inferiores no Recirculação, comparados ao Aeração e Air-lift. Somente no segundo e décimo quarto dias, o carbonato em Aeração foi menor ($P < 0.05$) que no Air-lift.

O bicarbonato oscilou de 212.9 a 257.5 mg/L em Aeração, 209.5 a 251.6 mg/L em Air-lift e 203.5 a 236.7 mg/L em Recirculação. Como a alcalinidade e o CO_2 total, a concentração de bicarbonato no tratamento Recirculação diminui progressivamente, sendo significativamente inferior ($P < 0.05$) ao Aeração e ao Air-lift, a partir do sexto dia. Já em Aeração e Air-lift aumentou com o tempo, sendo significativamente semelhantes ($P > 0.05$) no segundo dia e do oitavo dia em diante. Eles só diferiram no quarto e sexto dias, quando o Aeração apresentou maiores valores.

Discussão

Um dos processos que proporcionou a menor sobrevivência das larvas de piracanjuba B. orbignyanus em Recirculação assemelha-se ao observado por Rojas et al. (1990), trabalhando com fases iniciais de larvas de Macrobrachium amazonicum, submetidas a sistemas parecidos aos Aeração e Recirculação, empregados neste trabalho. Os autores também encontraram menores taxas de sobrevivência, quando as larvas foram submetidas ao sistema com biofiltro dentro do tanque. Apesar de não existir diferença significativa entre a composição planctônica entre os tratamentos, a recirculação de água forçou a passagem do plâncton pelo biofiltro, diminuindo a disponibilidade do alimento, por concentrá-lo próximo ao biofiltro e recirculá-los em alta velocidade, dificultando a captura das larvas nos primeiros dias. Em Rojas et al. (1990), a força de sucção do biofiltro somado a pequena capacidade natatória das fases iniciais de larvas de M. amazonicum, mantinham-nas constantemente pressionadas contra o substrato do biofiltro, matando-as por contaminação, estresse e/ou falta de alimento. Apesar das larvas de piracanjuba não terem sido sugadas pela filtração, o alimento foi levando as larvas à inanição, estresse e morte.

Para sanar este problema, deve-se diminuir a velocidade de recirculação ou utilizar o biofiltro a partir de uma fase de desenvolvimento mais avançado, quando as larvas de piracanjuba seriam mais eficientes na captura do alimento, e apresentariam uma melhor taxa de sobrevivência. Rojas et al. (1990) constataram, que o sistema com filtro biológico foi o método mais adequado para larvas em estágios de desenvolvimento adiantados, resultando em elevada sobrevivência, quando comparado com sistemas sem biofiltro e de Planktonkresiel (modificado por Greeve, 1968).

Possivelmente, o mesmo ocorreria com as larvas de piracanjuba, pois o Recirculação apresentou o melhor conjunto de variáveis limnológicas. Apesar de tanques circulares, com drenos no centro, apresentarem maior eficiência na remoção de dejetos (Klapisis e Burley 1984, Timmons et al. 1998), velocidade de correntes homogêneas (Ross et al. 1995), meio de cultura uniforme, podendo-se trabalhar com várias velocidades que resultam em melhores condições e saúde do peixe (Timmons et al. 1998).

Não houve diferença de sobrevivência, peso médio, biomassa e comprimento total, entre o Air-lift e o Aeração. Esta igualdade pode ser explicada pela ausência do dreno no tanque de Air-lift, maior metabolismo da larva que resulta em maior consumo de oxigênio e excreção de amônia (Ross et al. 1995), menor deposição de lipídeos na musculatura das nadadeiras (Ogata e Oku 2000), menor crescimento e biomassa (Ross et al. 1995, Timmons et al. 1998). Outras características que distinguem o tanque circular são um maior número de peixes orientados contra corrente, menor contato com as paredes, menor comportamento agonístico e menos mordidas entre os peixes (Ross et al. 1995). No Air-lift foi observada a maioria das larvas de piracanjuba se posicionando contra a corrente, enquanto no Aeração, a distribuição foi mais aleatória. As larvas em Air-lift, se distribuíram preferencialmente em uma determinada região do tanque, conforme seu estágio de desenvolvimento. Juvenis de trutas Oncorhynchus mykiss se distribuem próximo à entrada de água, quando a velocidade de circulação é pequena (Ross et al. 1995).

Variáveis limnológicas

Algumas das variáveis limnológicas não estiveram dentro da faixa de conforto descrita para a espécie e para as larvas de Characiformes na bacia hidrográfica (do Rio Grande). A temperatura, pH, alcalinidade, CO₂ total, carbonato, bicarbonato, amônia e nitrato do tratamento Recirculação, geralmente diferiram do Aeração e Air-lift, que foram semelhantes.

A menor temperatura em Recirculação deve ter sido responsável pela menor sobrevivência e biomassa, por diminuírem o metabolismo dos organismos (Schmidt-Nielsen 1997), o crescimento relativo (Araújo-Lima e Goulding 1997) e a sobrevivência (Ferrari et al. 1991) de juvenis de tambaqui, Characiforme, sendo as temperaturas extremas determinantes na morte de larvas de peixes (Kanler 1992). Leach e Houde (1999) observaram claramente, que a elevação da temperatura, pH e nível de presa, dentro da faixa adequada, aumentaram a sobrevivência, crescimento e produção de larvas de “american shad” Alosa sapidissima.

A temperatura da água, 18.2 a 22.5 C, esteve bem abaixo da faixa ideal, 25.0 a 30.0 C, aproximando-se do limite letal (< 15 C) para algumas espécies do gênero Brycon (Saint-Paul 1989). Em seu ambiente natural, no período de reprodução da piracanjuba, a temperatura variou de 26.0 a 32.0 C (Dumont-Neto et al. 1997), de 26.0 a 30.0 C (Alvarez 1999) e de 26.0 a 29.0 C (Senhorini 1999). Trabalhos com cultivos de larvas de Characiformes, na mesma bacia hidrográfica e período reprodutivo, vêm reforçar esta hipótese (Tabela 3). Além destes baixos valores, as bruscas variações de temperatura do ar devem ter provocado consideráveis oscilações na temperatura da água dos aquários (50 L), tornando o meio estressante para as larvas de piracanjuba, pois a temperatura inadequada é uma das

principais causas de mortalidade de larvas de peixes (Kanler 1992), devendo ter influído negativamente nos três sistemas de cultivo.

As concentrações de oxigênio dissolvido, semelhantes entre os tratamentos, estiveram acima dos valores encontrados no cultivo de larvas de Characiformes em tanques de terra, porém, próximos aos observados em cultivos em ambientes fechados com aeração (Tabela 3). A elevada concentração do oxigênio, ligeiramente superior até mesmo às encontradas em ambientes fechados com aeração, tem relação com a menor temperatura, que possibilita maiores concentrações de oxigênio dissolvido (Colt e Orwics 1991 e Arana 1997). Os altos valores de oxigênio dissolvidos, aparentemente, foram satisfatórios para as larvas de piracanjuba B. orbignyanus, assim como, foram para B. cephalus (7.2 a 8.1 mg/L) (Ceccarelli 1997), Prochilodus scrofa (4.0 a 7.3 mg/L) (Salles 1998) e P. scrofa (30 a 98% de oxigênio dissolvido a 23.0 a 29.0 C) (Cestarolli et al. 1997).

O pH ligeiramente inferior em Recirculação deve-se ao acúmulo e decomposição de matéria orgânica no biofiltro ao longo do cultivo, e conseqüente diminuição da alcalinidade que, segundo Schäfer (1985) e Sipaúba-Tavares (1995) tem a capacidade de tamponar as oscilações do pH. Basile-Martins et al. (1987) associam a mortalidade de larvas de P. mesopotamicus à intensa decomposição de matéria orgânica, que reduziu as concentrações de oxigênio dissolvido. As características do biofiltro utilizado dificultaram a remoção dos dejetos sólidos que prejudicam a qualidade da água (Kim 2000). Um melhor sifonamento dos dejetos parece necessário, pois segundo Wheaton et al. (1991), a performance do biofiltro pode ser fortemente influenciada pelo pH do sistema, devendo-se empregar

mecanismos compensatórios.

O pH esteve acima do encontrado no cultivo de larvas de piracanjuba por Alvarez (1999) (6.1 a 7.4) e Senhorini (1999) (5.6 a 7.3), e de outras larvas de Characiformes (Tabela 3). Eles também estiveram acima do descrito como faixa ideal para larvas de piracanjuba (entre 7.0 e 8.0) (Senhorini 1999). As flutuações dos valores de pH foram pequenas, apesar da decomposição de ração acidificar o meio, como observou Alvarez (1999), no cultivo de larvas de piracanjuba em tanques de 8.49 m². Estas flutuações podem ser explicadas pela elevada alcalinidade. Apesar dos altos valores de pH potencializarem formas tóxicas de nitrogênio (amônia) (Schäfer 1985 e Wheaton et al. 1991), a reduzida faixa de variação do pH e a elevada alcalinidade permitiram relativa segurança na condução do experimento.

A condutividade, que não diferiu entre os tratamentos, apresentou valores altos, quando comparados aos encontrados em larviculturas de piracanjuba por Alvarez (1999) (28.2 a 66.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e de outros Characiformes, como em curimatá P. scrofa por Cestaroli et al. (1997) (29 a 197 $\mu\text{S}/\text{cm}$), L. frederici por Fonseca (1999) (20.0 a 53.82 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e em pacu P. mesopotamicus por Sipaúba-Tavares e Braga (1999) (28.0 a 40.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Em Cestaroli et al. (1997), os valores mais elevados de condutividade, descritos como satisfatórios, foram observados no tratamento alimentar com as melhores sobrevivências. Assim como para as larvas de curimatá, a condutividade deve estar dentro de uma faixa adequada ao desenvolvimento das larvas de piracanjuba.

A

menor alcalinidade em Recirculação, assim como o pH menor, é explicada pela decomposição da matéria orgânica acumulada no biofiltro, ao longo do

experimento. Já, os altos valores de bicarbonato, baixas concentrações de CO₂ livre e carbonato, nos três tratamentos, decorrem da elevada alcalinidade e do pH ligeiramente acima de 8.0. Segundo Schäfer (1985) e Sipaúba (1995), no pH 8.0 são observadas as maiores concentrações de bicarbonato, além de serem encontradas baixas concentrações de CO₂ livre e de carbonato, que a partir daí começa a apresentar valores significativos. Alvarez (1999), cultivando larvas de B. orbignyana, também relaciona os baixos valores de CO₂ livre aos altos valores de pH. Assim sendo, a menor alcalinidade e o pH do Recirculação explicam as menores concentrações de carbonato e bicarbonato, quando comparados ao Aeração e Air-lift.

Apesar da alcalinidade estar acima dos valores encontrados em cultivos de larvas de piracanjuba, 6.0 a 27.0 mg/L (Alvarez 1999) e 19.0 a 27.0 mg/L (Senhorini 1999), e de outros Characiformes na região (Tabela 3), os valores de sobrevivência e desenvolvimento das larvas não diferiram das encontradas na bibliografia. Mesmo não estando dentro de uma possível faixa ótima para a espécie, a elevada alcalinidade evitou bruscas alterações do meio, como as pequenas oscilações do pH, diminuindo o estresse nas larvas.

O CO₂, produto da respiração, tóxico aos peixes e que deve ser removido dos sistemas intensivos com recirculação (Ithaca 1998), também apresentou valores acima dos encontrados por Alvarez (1999) (0.03 a 0.09 mg/L), porém, baixas concentrações em relação às demais formas de carbono inorgânico.

O bom funcionamento do biofiltro em Recirculação ficou evidenciado pela transformação da amônia em nitrato, a ponto da concentração de amônia ter sido inferior e a de nitrato superior às encontradas em Aeração e

Air-lift. A menor concentração de nitrito nos últimos dias, também indicam o bom desempenho do biofiltro, mesmo com acúmulo de matéria orgânica. Quando o biofiltro funciona eficientemente, os dejetos orgânicos e inorgânicos são metabolizados, resultando em baixas concentrações de amônia e nitrito, elementos altamente tóxicos para os organismos aquáticos (Wheaton 1991). Apesar do bom funcionamento apresentado pelo biofiltro, a tendência de decréscimo da alcalinidade e o menor pH sugerem que um período prolongado de cultivo ou maiores concentrações de alimento exigiriam um cuidado especial, pois segundo Horowitz e Horowitz (2000) para se melhorar o funcionamento do biofiltro, a matéria orgânica deve ser previamente retirada. Os autores ainda recomendam esterilizações periódicas no biofiltro, além de um segundo biofiltro para alternar, a fim de se evitar quebras de produção devido a patógenos.

As concentrações de amônia do Aeração e Air-lif estiveram acima das médias observadas por Alvarez (1999) (médias abaixo de aproximadamente 1.3 mg/L, valores absolutos de 0.03 a 11.34 mg/L) e Senhorini (1999) (0.13 a 0.20 mg/L), cultivando larvas de piracanjuba em tanques de terra, que foram similares às concentrações observadas em Recirculação. O mesmo ocorreu ao comparar-se com valores de amônia, encontrados em criações de B. cephalus e P. mesopotamicus (Tabela 3). As concentrações de amônia em Recirculação, similares às encontradas em trabalhos de Alvarez (1999) e Senhorini (1999), cultivando B. orbignyianus e Lopes (1994), Ceccarelli (1999) e Gomes et al. (2000) com B. cephalus, estiveram em uma faixa satisfatória, concordando com o descrito pelos autores. No entanto, em Aeração e Air-lift, onde as concentrações de amônia foram superiores, ocorreram as maiores sobrevivências. Em condições limnológicas próximas

à deste experimento (pH 8.28 a 8.31, O₂ 6.4 a 6.6 mg/L, condutividade 150 a 250 µS/cm, temperatura 26.0 a 27.0 C, alcalinidade 38.2 a 48.75 mg/L) Cardoso (1992)* cultivou quatro espécies nativas. A autora observou que a toxicidade da amônia variou com a fase de desenvolvimento e com a espécie, tendo obtido valores de CL₅₀, (48 h) variando de 8,72 mg/L, para larvas, 3,84 mg/L em pós-larvas e 7,36 mg/L em alevinos do Siluriforme Lophiosilurus alexandri. Comparando quatro espécies nativas, três Characiformes e um Siluriforme, no estágio de alevino, a autora observou diferenças significativas entre o Prochilodus affinis, que apresentou maior sensibilidade à amônia, 3,04 mg/L, seguido de Prochilodus marggravii, 4,32 mg/L, piau-verdadeiro Leporinus elongatus, 5,76 mg/L e pacanã L. alexandri, 7,36 mg/L de amônia total. Larvas de striped bass híbrico (fêmea de striped bass, Morone saxatilis, x macho de M. chrysops) com 4 dias de vida, têm significativo aumento de mortalidade (40%), quando adicionado 0.26 mg/L de amônia, em pH 8.75, 18.0 a 19.5 C, por 6 h (Bergerhouse 1993). Tomasso (1994), em uma revisão sobre toxicidade de elementos nitrogenados, observa que o LC₅₀ para alevinos de bagre do canal Ictalurus punctatus, é de 4.5 mg/L de amônia, em pH 9.0 e 264 mg/L de amônia em pH 7.0, por 24 h. Os valores de amônia, nos tratamentos Aeração e Air-lift, parecem estar acima da faixa de conforto, contudo, estudos mais específicos seriam necessários para confirmar esta suposição.

As menores concentrações de nitrito no Recirculação, nas últimas

* Os valores de amônia total foram estimados a partir da concentração de amônia não ionizada, assumindo-se pH 8.3, temperatura 26.5 e relação amônia não ionizada/amônia total de 0.124924.

amostragens e as baixas concentrações ao longo de todo tratamento, evidenciaram o bom funcionamento e adequada aclimatação do biofiltro, pois a eficiência da nitrificação biológica, depende das condições iniciais (Sheintuch et al. 1995). O aumento dos valores de nitrito nos últimos dias, nos tratamentos Aeração e Air-lift sugerem a necessidade de uma adequação de manejo a partir do décimo segundo dia.

As concentrações de nitrito (médias de todos os dias, 0.049 mg/L em Aeração, 0.092 mg/L em Air-lift e 0.029 mg/L em Recirculação) estiveram acima das médias observadas por Alvarez (1999), cultivando larvas de piracanjuba (médias abaixo de 0.014 mg/L, valores absolutos de 0.004 a 0.062 mg/L), mas dentro da faixa encontrada por Sipaúba-Tavares e Braga (1999) (média de 0,064 mg/L e valores absolutos variando de 0.002 a 0.3 mg/L), no cultivo tradicional de larvas de pacu, em tanques de terra, no mesmo Centro de pesquisa. A baixa renovação de água, somada às altas concentrações de alimento e larvas justificam as maiores concentrações de nitrito, do que as encontradas por Alvarez (1999). O autor descreve que o fluxo da água nos tanques, provavelmente contribuiu para a perda de parte dos compostos nitrogenados, e que a aeração, permitiu uma efetiva nitrificação, diminuindo a concentração de nitrito.

Em sua revisão, Tomasso (1994) cita que alevinos de bagre do canal (chanal catfish) exibiram uma redução de 20% do crescimento quando expostos por 31 dias a 2.6 mg/L de nitrito e que alguns exemplares morreram quando a concentração atingia os 3.7 mg/L. O autor também relatou, que o LC₅₀ (96 h, 24 a 25 C) no híbrido “sunshine bass” Morone chrysops x M. saxatilis, foi de 35.0 a 0.0 ppm, aumentando para 100.0 mg/L a 8.0 ppm. Tomasso (1986) observou, para uma série de peixes de água

doce, que a toxicidade do nitrito variou do bagre do canal (96 h, LC₅₀ 23.3 mg/L) ao “green sunfish” (96 h, LC₅₀ 526.8 mg/L). Sendo os valores encontrados nos três tratamentos, próximos ao encontrado na mesma bacia hidrográfica, em condições rotineiras de cultivo e bem abaixo dos descritos na bibliografia, como a faixa de efeitos subletais ou letais, possivelmente as concentrações de nitrito foram adequadas para o desenvolvimento da espécie.

As concentrações de nitrato (médias das 8 amostras, 0.27 mg/L em Aeração, 0.43 mg/L em Air-lift e 1.38 mg/L em Recirculação), estiveram acima dos valores encontrados por Alvarez (1999) (médias abaixo de 0.16 mg/L de nitrato e valores absolutos variando de 0,00 a 1,02 mg/L) no cultivo de larvas de piracanjuba. Comparando com as concentrações de nitrato (média de 1.02 mg/L, valores absolutos variando de 0.00 a 4.20 mg/L) encontradas em cultivo semi-intensivo de larvas de pacu (Sipaúba-Tavares e Braga 1999), para a mesma localidade, o valor médio do Aeração e de Air-lift foram menores, já o do Recirculação foi maior, o que pode indicar eficiência de nitrificação. Os valores encontrados estão abaixo das concentrações letais de alguns peixes comerciais de água doce. Apesar do nitrato ser pouco tóxico para várias espécies de água doce de interesse para aquicultura, com concentrações letais excedendo os 1000 mg/L (Tomasso 1994), ele deve ser evitado principalmente por serem fontes para formação de nitrito e amônia, no caso de baixas concentrações de oxigênio (Schäfer 1985).

Nenhum dos tratamentos foi capaz de reduzir as concentrações de ortofosfato que foram semelhantes ao longo do experimento em Aeração, Air-lift e Recirculação, exceção feita aos segundo e quarto dias. No entanto,

os valores (2.85 mg/L, Alr-lift 2.57 mg/L e Recirculação 3.04 mg/L médias de todos os dias) aparentemente encontravam-se dentro de uma faixa aceitável, estando ligeiramente acima do encontrado por Alvarez (1999) (médias de 0.35 a 2.10 mg/L, valores absolutos de 0.01 a 5.85 mg/L) para larvas de piracanjuba e abaixo do observado por Barak e Rijn (2000), em sistema de recirculação, elaborado para manter baixas concentrações de ortofosfato. Apesar do ortofosfato estar em concentrações baixas, a sua remoção é desejável por potencializar a produtividade de fitoplâncton, com conseqüências adversas para o cultivo (Weston 1991). Com concentrações menores, que as encontradas neste experimento, Alvarez (1999) observou picos de ortofosfatos seguidos por picos de clorofila a. Apesar das concentrações médias de ortofosfato indicarem que o manejo foi adequado para o período de cultivo, o aumento gradual de ortofosfato ao longo do cultivo, juntamente com a queda da alcalinidade demonstra ser necessário uma adequação de manejo, caso o cultivo seja intensificado ou seu tempo prolongado. Uma forma eficiente de se manter aceitáveis às concentrações de ortofosfato por um período prolongado (210 dias) é o filtro biológico com lodo ativado, utilizado por Barak e Rijn (2000), que neste caso esteve associado com o filtro biológico por gotejamento.

Neste experimento, o biofiltro mostrou nitrificar adequadamente, desde os primeiros dias, resultado do ajuste entre o substrato, bactérias e água, testados e aclimatados nas mesmas condições, em experimentos anteriores, prática também empregada (3 meses antes) por Arbiv e Rijn (1995). Segundo Horowitz e Horowitz (2000), para uma eficiente nitrificação é desejável empregar um substrato que não seja tóxico, mas que tenha alta superfície de adesão para bactérias previamente selecionadas e deve-se

evitar a presença de bactérias heterotróficas. A princípio, o biofiltro utilizado em Recirculação apresentou, se não todos, parte destes pré-requisitos. Sendo a filtração um dos principais fatores limitantes que influenciam na eficiência, segurança e benefício de um sistema com recirculação (Wheaton et al. 1991), o tratamento Recirculação, teoricamente, apresentaria bons resultados. No entanto, o desempenho do cultivo não foi determinado unicamente pela capacidade de nitrificação do biofiltro. Rosenthal (1999) descreveu que as características de mistura de água no tanque influenciam intensamente os peixes, pois uma má circulação resulta em altas variações na concentração de metabólitos e oxigênio nas saídas dos tanques, que, somados às flutuações diárias naturais da água, contribuem para desestabilizar os componentes do tratamento. No Recirculação, assim como em Aeração e Air-lift, devido ao reduzido tamanho dos tanques e grande movimentação da água, o meio deve ter sido bastante homogêneo. No entanto, o Recirculação apresentou um fluxo de água que diminuiu a disponibilidade do alimento, afetando a sobrevivência das larvas de piracanjuba.

Os tratamentos apresentaram boa relação investimento/resultados, contudo, algumas limitações ficaram evidentes, como a queda da alcalinidade, acúmulo de ortofosfato e nitrato, no Recirculação e acúmulo de nitrito, amônia e ortofosfato nos Aeração e Air-lift. Várias medidas mitigadoras são descritas na bibliografia, porém, pequenas adequações poderiam proporcionar significativas mudanças. Um menor desperdício do alimento oferecido, além de um alimento mais adequado e uma remoção diária dos dejetos ajudariam. Arbiv e van Rijin (1995) calculam a quantidade de ração a ser oferecida, baseados na biomassa de peixes no início do

cultivo e consideram indesejáveis o excesso de matéria orgânica particulada no tanque das carpas. Devido à dificuldade da retirada da matéria orgânica do biofiltro, uma pré-filtragem mecânica seria conveniente ou como sugerido por Horowitz e Horowitz (2000) o emprego de um segundo biofiltro para substituições periódicas. Nos tratamentos Aeração e Air-lift seriam desejáveis medidas preventivas contra as excessivas concentrações de amônia durante o experimento e do nitrito nos últimos dias. Tomasso (1994) sugere para remoção da amônia, a redução da alimentação, filtração ou renovação da água, e como precaução, a manutenção de altas concentrações de oxigênio, sempre que houver suspeita de elevadas concentrações de amônia. Já a toxicidade do nitrito é usualmente prevenida ou tratada na maioria das espécies pela adição de cloretos no meio, como cloreto de sódio ou cloreto de cálcio ou com altas concentrações de vitamina C no alimento, que tem diminuído drasticamente a formação de metahemoglobina em trutas e channel catfish (Tomasso 1994). Weirich e Tomasso (1992) sugerem que a maior concentração de cálcio (80 g/L) somado a um meio isotônico (8 ppm), diminuem ao máximo o estresse, devido ao manejo e transporte de híbridos de white bass Morone chrysops x striped bass M. saxatilis.

O Air-lift pode ser melhorado utilizando-se dreno no centro do fundo do tanque. Em Arbiv e van Rijin (1995), onde o aerador promovia a movimentação da água no mesmo formato circular do tanque, a matéria orgânica era concentrada na região central do fundo, próximo a um dreno, sendo escoada duas vezes ao dia, para uma bacia de decantação. Da mesma maneira, os tanques de Air-lift poderiam ser drenados pelo fundo, estando unidos a um biofiltro externo.

Apesar da carência de trabalhos com sistemas intensivos de cultivo com larvas de espécies nativas, os resultados obtidos, somados à simplicidade das estruturas empregadas, tornam os sistemas altamente viáveis. Os tratamentos Aeração e Air-lift, apesar de apresentarem melhores sobrevivências, devem sofrer um manejo mais intenso para evitar a excessiva concentração de elementos tóxicos. O modelo de biofiltro utilizado mostrou eficiência na nitrificação, mas problemas no ajuste da taxa de recirculação, devendo no entanto, ser empregado após adequações do manejo e talvez, do formato, tendência observada para biofiltros (Rosenthal 1999). Contudo, estudos mais detalhados são necessários.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP Processo nº 97/11812-1) pelo apoio financeiro. A Silvia Regina L. de Laurentiz, ao Dr. Wagner Cotroni Valenti, pelo inestimável apoio a este experimento.

Citações bibliográficas

- Alvarez, E. J. S. 1999. Dinâmica de algumas variáveis limnológicas em tanques de larvicultura de Brycon orbignyanus (Valenciennes, 1949) (Pisces Characidae) sob dois tipos de tratamentos alimentares. Dissertação de mestrado. Centro de Aqüicultura da UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Arana, L. V. 1997. Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

- Araujo-Lima, C., e M. Goulding. 1997. So fruitful a fish: Ecology, conservation, and aquaculture of the amazon's tambaqui. Columbia University Press, New York, USA.
- Arbiv, R., e J. van Rijn. 1995. Performance of a treatment system for inorganic nitrogen removal in intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 14:189-203.
- Barak, Y., and J. van Rijn. 2000. Biological phosphate removal in a prototype recirculating aquaculture treatment system. *Aquacultural Engineering* 22:121-136.
- Barnes, R. D. 1977. Zoologia de los invertebrados. Nueva Editorial Interamericana, México, México.
- Basile-Martins, M. A., N. Yamanaka, O. Jacobsen, e C. M. Ishikawa. 1987. Observações sobre a alimentação e a sobrevivência de larvas de pacu, Piaractus mesopotamicus (Holmberg, 1887) (= Colossoma mitrei, Berg, 1895). *Boletim do Instituto de Pesca* 14:63-68.
- Bergerhouse, D. L. 1993. Lethal effects of elevated pH and ammonia on early life stages of hybrid striped bass. *Journal Applied Aquaculture* 2:81-101.
- Cardoso, E. L. 1992. Toxicidade de amônia não ionizada e seu efeito sobre a pele e brânquias de Lophiosilurus alexandri Steindachner, 1876; Prochilodus affinis Reinhardt, 1974; Prochilodus marggravii (Walbaum, 1972); Leporinus elongatus Valenciennes, 1849; (Pisces, Teleostei). Dissertação de Mestrado. Aqüicultura da Universidade Federal de Florianópolis, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- Ceccarelli, P. S. 1997. Canibalismo em larvas de matrinxã Brycon cephalus (Günther, 1869). Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências da

- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Cestarolli, M. A., M. C. Portella, e N. E. T. Rojas. 1997. Efeitos do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de curimbatá Prochilodus scorfa (Steindachner, 1881). Boletim do Instituto de Pesca 24(único):119-129.
- Colt, J., and C. Orwics. 1991. Aeration in intensive culture. Pages 198-271 in D. E. Brune and J. R. Tomasso, editors. Aquaculture and water quality. The World Aquaculture Society, Louisiana, USA.
- Dumont-Neto, R.; Pelli, A., J. L. Freitas, C. L. Costa, A. E. De-Freitas, e N. D. C. Barbosa. 1997. Reprodução induzida da piracanjuba (Brycon orbignyanus, Valenciennes, 1903), durante a primeira maturação sexual, cultivada em cativeiro, na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental de Volta Grande - CEMIG. Boletim do Instituto de Pesca 24(especial):105-107.
- Ferrari, V. A., A. F. B. Lucas, e L. A. Gaspar. 1991. Desempenho do tambaqui Colossoma macropomum Curvier, 1818, em monocultura experimental sob condições de viveiro-estufa e viveiro convencional (1ª fase) e em viveiro convencional (2ª) fase no Sudeste do Brasil. Boletim Técnico do CEPTA, 4(2):23-37.
- Fonseca, C. Estudo da alimentação das pós-larvas e alevinos de Leporinus frederici (Bloch, 1794), (Osteichthyes, Characidae). Dissertação de Mestrado. Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.
- Golterman, H. L., R. S. Clymo, M. A. M. Ohnstad. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. IPB Handbook number 8 Blackwell Scientific Publications, London.

- Gomes, L. C., Baldisserotto, B., and Senhorini, J.A. 2000. Effect of stocking density on water quality, survival, and growth of larvae of the matrinxã, Brycon cephalus Characidae, in ponds. *Aquaculture* 183:73–81.
- Horowitz, A., and S. Horowitz. 2000. Improving biofiltration: In recirculating aquaculture systems. *Global Aquaculture Advocate* (3)3:70-71.
- Ithaca, N. Y. 1998. Carbon dioxide control in intensive aquaculture. *Recirc Today* 1(2):6.
- Kamler, E. 1992. Early life history of fish an energetics approach. Chapman and Hall, London, England.
- Kim, I. B. 2000. Recirculating Aquaculture: The next generation. *Global Aquaculture Advocate* (3)3:54-58.
- Klapsis, A., e R. Burley. 1984. Flow distribution studies in fish rearing tanks. Part 1 – Design constraints. *Aquacultural Engineering* 3:103-118.
- Koroleff, N. 1976. Determination of nutrients. Pages 171-181 in J. Granshoffk editor. *Methods of seawater analysis*. Verlag, Chemie, Weinheim.
- Leach, S. D., e E. D. Houde. 1999. Effects of enviromental factors on survival, growth, and production of American shad larvae, *Journal of Fish Biology* 54(4):767-786.
- Lopes, R. N. M., J. A. Senhorini, e M. C. F. Soares. 1994. Crescimento e sobrevivência de larvas de matrinxã Brycon cephalus Günther, 1869, (Pisces, Characidae) sob diferentes dietas alimentares. *Boletim Técnico do CEPTA* 7:41-48.
- Ogata, H. Y., and Oku, H. 2000. Effects of water velocity on growth performance of juvenile Japanese flounder Paralichthys olivaceus. *Journal of the World Aquaculture Society* 31(2):225-231.
- Rojas, N. E. T., V. L. Lobão, e H. P. Barros. 1990. Métodos de manutenção de larvas de Macrobrachium amazonicum Heller, 1862 (Crustacea,

- Decapoda, Paleomonidae). Boletim do Instituto de Pesca 17:15-26.
- Rosenthal, H. 1999. The history of recirculation systems: Part 3: Performance of system components. *Recirc Today* 1(5):23.
- Ross, R. M., B. J. Watten, W. F. Krise, M. N. DiLauro, and R. W. Soderberg. 1995. Influence of tank design and hydraulic loading on the behavior, growth, and metabolism of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacultural Engineering* 14:29-47.
- Salles, F. A. 1998. Aspectos técnicos e econômicos da larvicultura intensiva do Curimatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881) em escala massal, Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Aqüicultura do CAUNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Saint-Paul, U. 1989. Aquaculture in Latin América: Indigenous species promise increased yields. *Naga, The ICLARM Quaterly* 12(1):3-5.
- Senhorini, J. A. 1999. Biologia larval do matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) e do piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849), (Pisces Characidae) em viveiros. Tese de doutorado. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Shäfer, A. 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Sheintuch, M., B. Tartakovsky, N. Narkis, e M. Rebhun. 1995. Substrate inhibition and multiple states in a continuous nitrification process. *Water Research* 29(3):953-963.
- Sipaúba-Tavares, L. H. 1995. Limnologia aplicada à aqüicultura: Boletim técnico nº 1. Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Sipaúba-Tavares, L. H., and F. M. S. Braga. 1999. Study on feeding habits of

Piaractus mesopotamicus (pacu) larvae in fish ponds. Naga, The ICLARM Quarterly 22(1):24-30.

Schimdt-Nielsen, K. 1997. Animal physiology: adaptation and environment. Cambridge University Press, New York, USA.

Timmons, M. B., S. T. Summerfelt, and B. Vinci. 1998. Review of circular tank technology and management. Aquacultural Engineering 18:51-69.

Tomasso, J. R. 1986. Comparative toxicity of nitrite to freshwater fishes. Aquatic Toxicology 8:129-137.

Tomasso, J. R. 1994. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews in Fish Science 2(4):291-314.

Weirich, C. R., e J. R. Tomasso. 1992. Confinement and transport-induced stress in white bass Morone chrysops x striped bass M. saxatilis hybrids: effect of calcium and salinity. Journal of the World Aquaculture 23(1):49-57.

Weston, D. P. 1991. The effects of aquaculture on indigenous biota. Pages 534-567. in D. E. Brune and J. R. Tomasso, editors. Aquaculture and water quality. The World Aquaculture Society, Louisiana, USA.

Wheaton, F., Hochheimeir, J., and G. E. Kaiser. 1991. Fixed film nitrification filters for aquaculture. Pages 272-303 in D. E. Brune and J. R. Tomasso, editors. Aquaculture and water quality. The World Aquaculture Society, Louisiana, USA.

Woyrnarovich, E., e J. Sato. 1990. Criação especial de larvas e pós-larvas de matrinhã (Brycon lundii) e de dourado (Salminus brasiliensis). Pages 134-136 in Harvey, B., e Carolsfeld, J. editors. Workshop on larval rearing of finfish, Canadian International Development Agency Interunion Commission on the Application of Science to Agriculture,

Tabela 1. Valores médios em três sistemas de cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyana, obtidos após 16 dias de cultivo.

	Sobrevivência (%)	Peso (mg)	Biomassa (g)	Comprimento total (mm)
Aeração	18.6 ± 1.97a	42.2 ± 8.37a	1.37 ± 0.33a	13.3 ± 0.8a
Air-lift	14.3 ± 3.12a	41.7 ± 8.15a	1.04 ± 0.19a	13.3 ± 0.5a
Recirculação	7.1 ± 4.87b	37.8 ± 9.58a	0.43 ± 0.28b	14.0 ± 0.5a

As médias, nas colunas, seguidas de mesma letra são similares ao nível de significância de 0.05 ($P > 0.05$).

Tabela 2. Composição planctônica dos tratamentos Aeração, Recirculação e Air-lift, ao término de 16 dias de cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyana.

	Copepoda	Náuplio de Copepoda	Cladocera	Outros Crustacea	Outros
Aeração	2062 ± 1443a	785 ± 527a	84 ± 84a	18 ± 9a	18 ± 14a
Air-lift	1050 ± 336a	508 ± 122a	18 ± 16a	10 ± 10a	56 ± 41a
Recirculação	1468 ± 874a	528 ± 324a	29 ± 22a	27 ± 21a	26 ± 23a

As médias, nas colunas, seguidas de mesma letra são similares ao nível de significância de 0.05 ($P > 0.05$). Copepoda comparado por ANOVA e os demais por Kruskal Wallis.

Tabela 3. Valores médios observados no cultivo de larvas de Characiformes, na bacia hidrográfica do Rio Grande e mesmo período reprodutivo.

Espécie	Tamanho do tanque	Densidade (larva/L)	Sobrevivência (%)	T (C)
Prochilodus scrofa	10 L	40	47.7 a 71.7	23 a 29
	200 L	25	96.0	25.0
Piaractus mesopotamicus	54000 L	0.21		26.3
Leporinus frederici	6367.5 L			29.8 a 30.0
Brycon cephalus	0.5 a 60 L	1.33 a 10.66		28.5
	2 L	15 a 30		26.0
	24 L	1.67 a 5	22.0 a 32.0 *	25.5
	30 L	1.33	55.0 a 85.0 *	24.0
	30 L	1.33 a 10.67	83.0 a 65.0 *	24.0
	50 L	2	0.5 a 17.0	26.0
	76800 L	0.025	71.9	28.1
	76800 L	0.075	60.9	27.8
	76800 L	0.100	49.7	27.9
	350 m ²	30/m ²	70.5	
Brycon orbignyanus	350 m ²	30/m ²	40.1	
	8.49 e 200 m ²	11.07 e 0.63 m ²	20.0 a 50.1	

O ₂ (mg/L)	pH	Amônia (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)	Autor
56 a 97%	6.2 a 7.7			Cestarolli et al. (1997)
50 a 90%	6.9 a 7.4			Salles (1998)
5.3	6.6	1.34	0.44 neq/L	Sipaúba e Braga (1999)
4.8 a 5.6	6.4 a 6.8		15.7 a 16.9	Fonseca (1999)
7.2	6.6	0.01	19.5	Ceccarelli (1997)
7.2	6.0	0.01	19.5	Ceccarelli (1997)
7.2	6.7	0.09	8.0	Ceccarelli (1997)
8.1	6.0	0.01	19.5	Ceccarelli (1997)
8.1	6.0	0.01	19.5	Ceccarelli (1997)
6.7		0.06 a 3.49		Lopes (1994)
	6.3	0.18	24.0	Gomes et al (2000)
5.7				
5.6	6.3	0.15	21.5	Gomes et al (2000)
5.1	6.3	0.18	21.6	Gomes et al (2000)
6.2 a 7.0	5.5 a 7.2	0.13 a 0.20	22.0 a 29.0	Senhorini (1999)
4.6 a 7.1	5.6 a 7.3	0.13 a 0.20	19.0 a 27.0	Senhorini (1999)
3.0 a 6.5	6.1 a 7.4	0.03 a 11.34	6.0 a 27.0	Alvarez (1999)

*valor aproximado obtido de interpretação de figura ou texto.

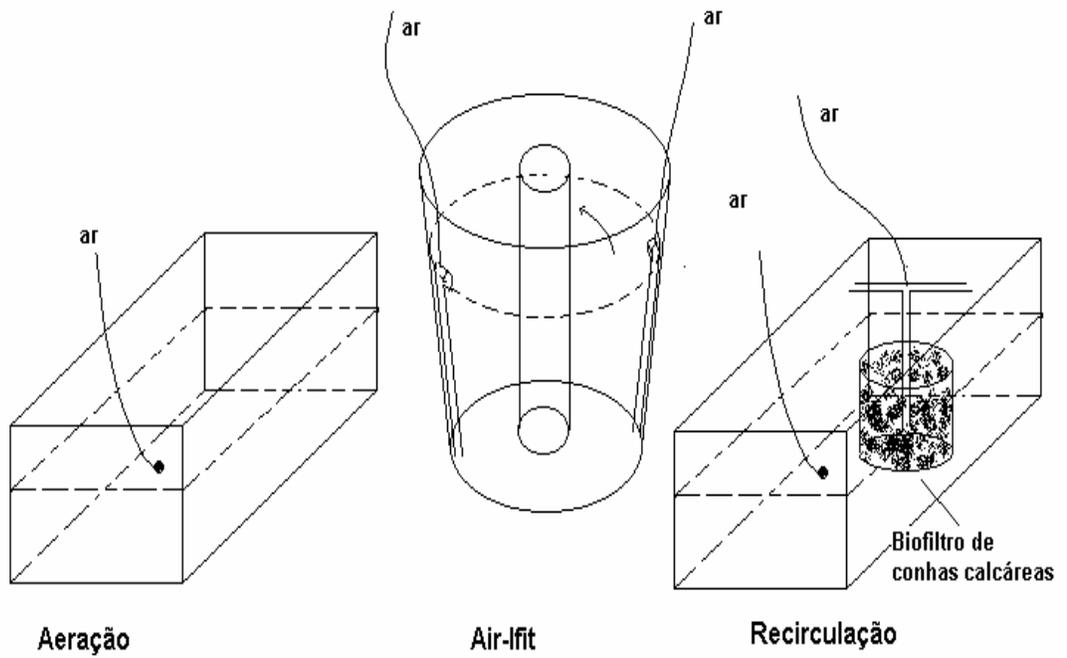


Figura 1. Desenho esquemático dos tanques utilizados nos sistemas Aeração, Air-lift e Recirculação, no cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus, em 16 dias de cultivo.

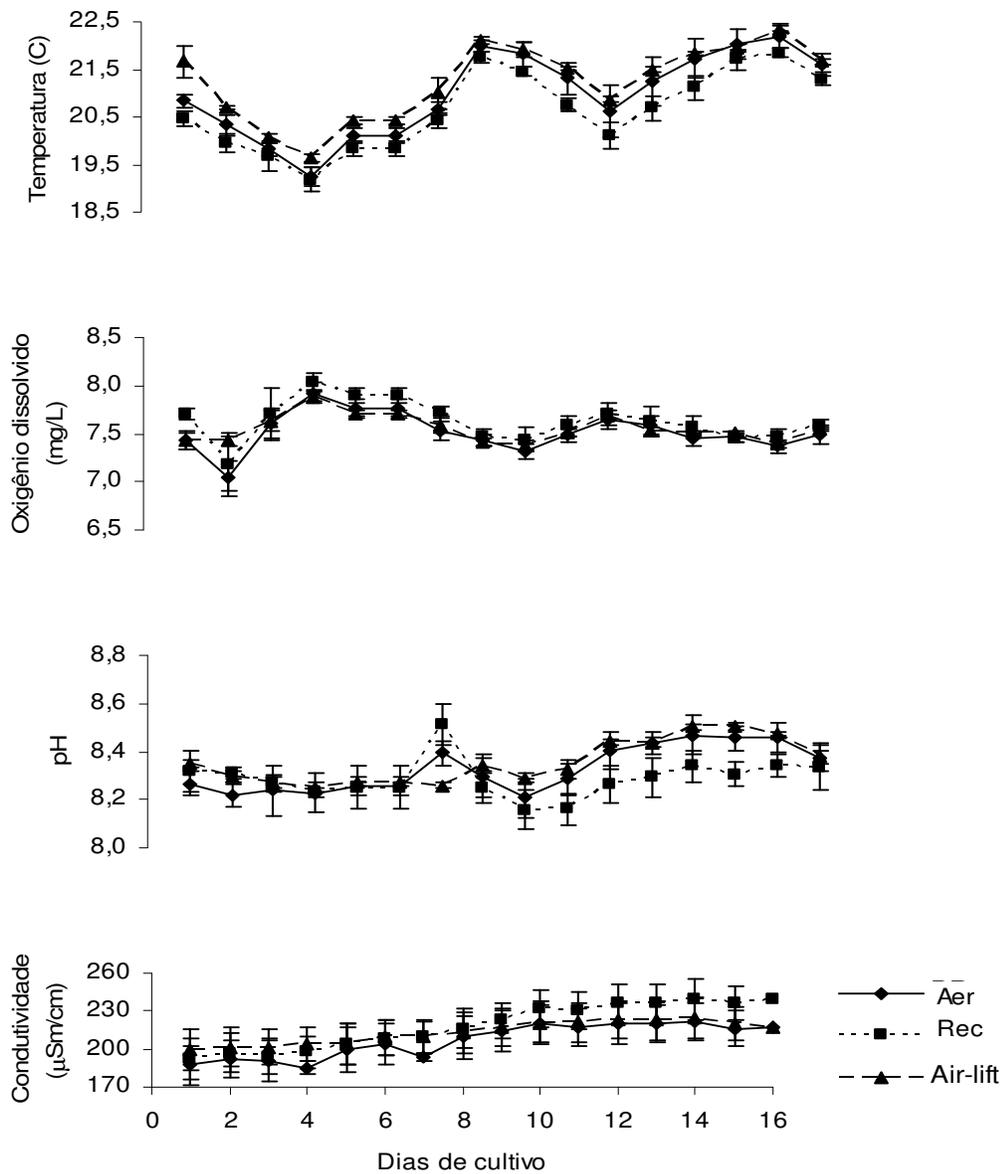


Figura 2. Valores médios e desvios padrões da temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, pH e condutividade da água em três sistemas intensivos, Aeração (Aer), Air-lift e Recirculação (Rec), durante 16 dias de cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus.

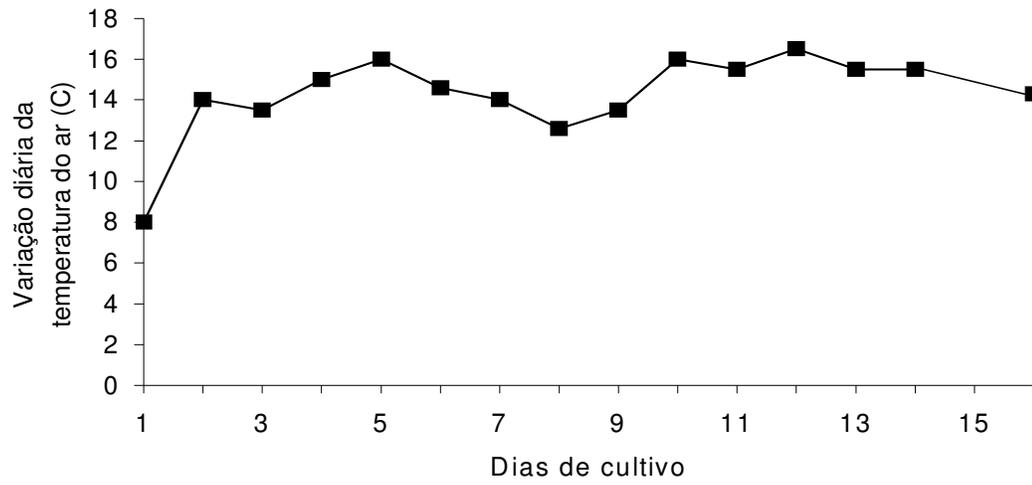


Figura 3. Variação diária da temperatura do ar no experimento com larvas de piracanjuba (Brycon orbignyanus).

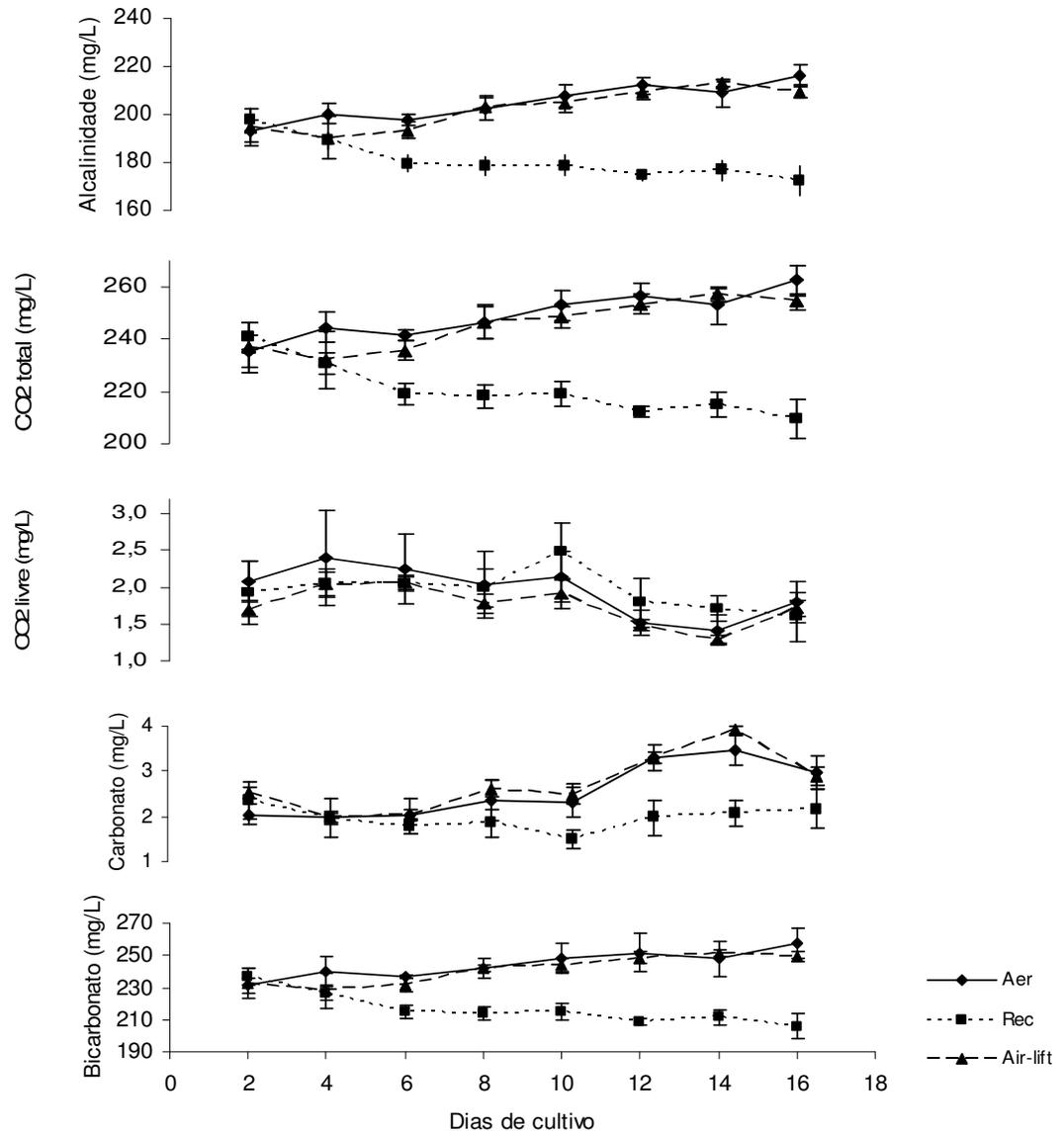


Figura 4. Valores médios e desvios padrões da alcalinidade e das formas de carbono inorgânico em três sistemas intensivos, Aeração (Aer), Air-lift e Recirculação (Rec), durante 16 dias de cultivo de larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus*.

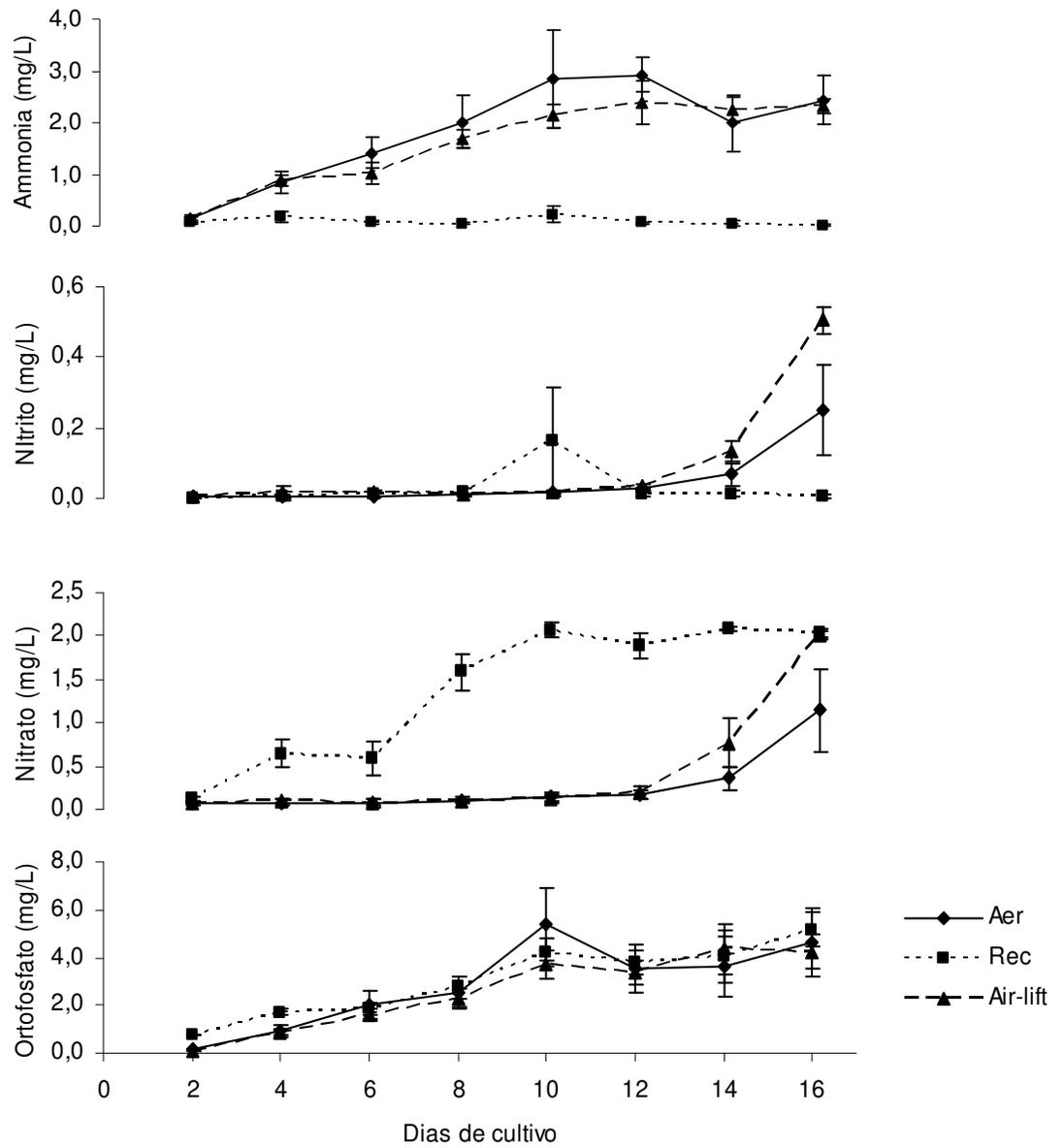


Figura 5. Valores médios e desvios padrões das concentrações de nutrientes, amônia, nitrito, nitrato e ortofosfato, observados nos sistemas com Aeração (Aer), Air-Lift e Recirculação (Rec), ao longo de 16 dias de cultivo de larvas de piracanjuba Brycon orbignyanus.