

JOSÉ CLAUDIO EPAMINONDAS DOS SANTOS

**LARVICULTURA DE PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*) EM SISTEMA DE
RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA (SRA)**

RECIFE,

2014



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

**LARVICULTURA DE PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*) EM SISTEMA DE
RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA (SRA)**

José Cláudio Epaminondas dos Santos

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

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia
Orientador

Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz
Co-orientador

Recife,
Fevereiro/2014

Ficha catalográfica

S2371 Santos, José Cláudio Epaminondas dos
Larvicultura de Pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) em
Sistema de Recirculação de Água (SRA)/ José Cláudio
Epaminondas dos Santos. – Recife, 2014.
70 f. : il.

Orientador(a): Eudes de Souza Correia.
Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Recife,
2014.

Inclui anexo(s) e referências.

1. Biofiltração 2. Compostos nitrogenados 3. Peixe
carnívoro 4. Manejo alimentar 5. Densidade 6. Crescimento
I. Correia, Eudes de Souza, orientador II. Título

CDD 639.3

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

**LARVICULTURA DE PACAMÃ (*Lophiosilurus alexandri*) EM SISTEMA DE
RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA (SRA)**

José Cláudio Epaminondas dos Santos

Tese julgada adequada para obtenção do título de
doutor em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.
Defendida e aprovada em 27/02/2014 pela seguinte
Banca Examinadora.

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia

(Orientador)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Paulo de Paula Mendes

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. William Severi

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Athiê Jorge Guerra dos Santos

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz

(Membro externo)

[Escola de Veterinária]

[Universidade Federal de Minas Gerais]

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Cordeiro Miguel dos Santos e Raimunda Epaminondas dos Santos.

“O que você dá, volta para você. O que você acredita a respeito de si mesmo e da vida torna-se verdadeiro para você”.

Louise L. Hay

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus, energia suprema, por me proporcionar saúde, força, sabedoria, coragem, sucesso, proteção, amor e humildade para alcançar os objetivos designados, estando sempre comigo em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realizar este trabalho de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Eudes de Souza Correia pela orientação, amizade, paciência e confiança, e pelos conselhos valiosíssimos oferecidos durante minha vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz (UFMG), pelas orientações, pelo apoio sempre amigável e pela troca de experiências, auxiliando-me em mais um grande passo em minha vida profissional.

A CODEVASF, através dos doutores Elmo Vaz Bastos de Matos (Presidente), Aldimar Dimas Rodrigues (Superintendente, 1ª/SR), George Fernando Lucilio de Britto (Chefe de gabinete, 1ª/SR), Sidenísio Lopes de Oliveira (Gerente, 1ª/GRR), Alex Douglas Martins Demier (Chefe, 1ª/UDT), João Evangelista Bueno Luiz (Gerente, 1ª/GRA), João Batista de Oliveira (Chefe, 1ª/UGP) e Edson Vieira Sampaio (Chefe, 1ª/CIT), pela oportunidade concedida, bem como ao Dr. Yoshimi Sato, ao Dr. Manoel Geraldo Dayrell, a Dra. Kênia Régia Marcelino, Fernando Alves, Rita de Cássia, Janete Sousa de Carvalho Ribeiro, e Vitória Maria Alves da Silva, pela oportunidade e incentivo proporcionado à realização do curso de doutorado.

Aos professores doutores: Paulo de Paula Mendes, William Severi, Athiê Jorge Guerra dos Santos, Alfredo Olivera Galvez; e ao Dr. Augusto César Vasconcelos de Freitas Junior, pelas sugestões apresentadas, bem como pelos auxílios prestados.

Ao prof. Dr. William Severi e sua esposa Verônica por sempre me auxiliar nas horas difíceis e prestar grande apoio pessoal.

Ao convênio CEMIG-GT/CODEVASF pelo apoio financeiro.

Aos funcionários da 1ª/CIT pelo apoio logístico.

Aos funcionários do Depaq pelos préstimos.

E aos colegas do Depaq: João Paulo, Fabiana, Rivaldo, Patrícia, Djaci, Luis Otávio, Thales Ramon, bem como a todos que de alguma forma contribuíram a realização desse trabalho.

Resumo

Avaliaram-se alguns aspectos relacionados à qualidade de água e ao manejo de alimentação, visando o desenvolvimento de tecnologia de produção de juvenis do pacamã, *Lophiosilurus alexandri*, em sistemas de recirculação de água (SRA). Foram realizadas duas etapas experimentais. Na primeira etapa, avaliou-se a influência da biofiltração e da frequência de troca de água nos tanques de cultivo. Foram testadas três frequências de troca de água (1, 4 e 8 trocas por hora) em três SRA com biofiltros específicos, num delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas. As larvas foram estocadas na densidade de 10 larvas.L⁻¹ e a alimentação constou de náuplios de artêmia na proporção de 100 % do peso por dia. O crescimento ($P<0,01$) e a sobrevivência ($P<0,05$) registrou efeito apenas da frequência de troca de água, cuja menor propiciou o melhor desempenho. Os diferentes SRA tiveram implicação direta na qualidade da água, sobretudo nos compostos nitrogenados, mas sem efeitos no crescimento. Numa segunda etapa, foram realizados dois experimentos, onde se avaliaram diferentes frequências de alimentação (FA), taxas de alimentação (TA) e densidades de estocagem (DE). No primeiro experimento, foram testadas três FA diárias: uma (FA1), duas (FA2) e quatro vezes ao dia (FA4). Foi utilizada uma DE de 10 larvas L⁻¹. No segundo experimento, foram testadas três DE: 10 (DE10), 15 (DE15) e 20 (DE20) larvas L⁻¹; e duas TA: 50 (TA50) e 100 % (TA100) do peso por dia, em esquema fatorial. O período dos experimentos foi de 15 dias cada. No experimento 1, a FA apresentou efeito ($P<0,05$) no comprimento no 15º dia, com menores valores para FA1. Com relação ao peso, no 10º e 15º dia, os maiores valores foram para FA4. A sobrevivência foi semelhante ($P>0,05$) entre as diferentes FA. No experimento 2, o crescimento apresentou efeito ($P<0,05$) somente da TA. Os maiores valores foram registrados para TA100. A sobrevivência sofreu influência ($P<0,05$) apenas da DE. Finalmente, na larvicultura de *L. alexandri* em SRA, deve-se adotar a frequência de uma troca de água por hora, independente do tipo de biofiltro, e a FA4 e TA100 para qualquer das densidades de estocagem testadas.

Palavras-chave: biofiltração; compostos nitrogenados; manejo alimentar; densidade de estocagem; índices de desempenho, peixe carnívoro.

Larviculture of *Lophiosilurus Alexandri* (“Pacamã”) in a Water Recirculation System

Abstract - Some aspects related to the water quality and feeding management were evaluated, aiming at the development of the technology of juvenile *Lophiosilurus alexandri* cultivation in water recirculation systems (WRS). Two experimental stages were performed. In the first stage, the influence of bio filtration and the frequency of water exchange in the tanks were evaluated. Three frequencies of water exchange (1, 4 and 8 exchanges per hour) were tested in three WRS with specific bio-filters, in a completely randomized split- plot design. Larvae were stocked at a density of 10 larvae. L⁻¹ and feeding consisted of artemia nauplii in the proportion of 100 % of weight per day. Growth ($P < 0.01$) and survival ($P < 0.05$) were affected only by the frequency of water exchange, and the lower frequency resulted in better performance. The different WRSs had direct implications on water quality, especially in nitrogenous compounds, but no effects on growth. In a second stage, two experiments were performed, where different feeding frequencies (FA), feeding rates (TA) and stocking densities (DE) were evaluated. In the first experiment, three daily FAs were tested: once (FA1), twice (FA2) and four times a day (FA4). A DE of 10 larvae L⁻¹ was used. In the second experiment, three DEs were tested: 10 (DE10), 15 (DE15) and 20 (DE20) larvae L⁻¹; and two TAs: 50 % (TA50) and 100 % (TA100) of the weight per day, in a factorial design. The experiments lasted 15 days each. In experiment 1, the FA had an effect ($P < 0.05$) in length at day 15, with lower values for FA1. With regards to weight, at days 10 and 15, the highest values were for FA4. Survival was similar ($P > 0.05$) among different FAs. In experiment 2, only TA affected growth ($P < 0.05$). The highest values were recorded for TA100. Survival was influenced ($P < 0.05$) by DE. In conclusion, in larviculture of *L. alexandri* in WRS, the frequency of one water exchange per hour, regardless of the bio-filter, and FA4 and TA100 should be adopted for any of the stocking densities tested.

Key words: Bio-filtration; nitrogenous compounds; feeding management; stocking density; performance indexes; carnivorous fish.

Sumário

Página

Dedicatória

Agradecimento

Resumo

Abstract

1- Introdução.....	11
2- Revisão de literatura.....	13
3- Referência bibliográfica	17
4- Artigos científicos	23
4.1- Artigo científico I.....	23
4.2- Artigo científico II.....	44
5- Considerações finais.....	64
6- Referências	65
ANEXOS	73

1- Introdução

A larvicultura de espécies de peixes nativas do rio São Francisco ainda é o maior gargalo para a produção de juvenis destas espécies. Espécies autóctones carnívoras de importância ecológica e econômica não possuem uma tecnologia de produção de juvenis satisfatória, com procedimentos definidos, que possam ser empregados com resultados regulares.

Dentre as espécies de peixes nativas da bacia do Rio São Francisco, o pacamã, *Lophiosilurus alexandri*, espécie endêmica, pertencente à ordem Siluriformes, que engloba os peixes de couro e placas ósseas, merece atenção.

O pacamã é um peixe da família Pseudopimelodidae, que apresenta alto valor de mercado devido a sua carne sem espinhos intramusculares e sabor apreciado pelo consumidor. É um peixe que apresenta desova parcelada, hábito alimentar carnívoro, comportamento sedentário, e preferência por ambientes lânticos em regiões de fundo de areia ou pedra (SATO e GODINHO, 1999). Desde 1997, presume-se que esta espécie esteja ameaçada de extinção (LINS et al., 1997), portanto é comumente utilizada em programas de repovoamento no alto São Francisco a partir de espécimes confinados em cativeiro, embora com produção ainda insatisfatória.

Alguns estudos relacionados à larvicultura e alevinagem do pacamã foram realizados (LUZ et al., 2008; LUZ e SANTOS, 2008a, b; SANTOS e LUZ, 2009). Contudo, informações sobre a criação dessa espécie nas fases iniciais ainda é escassa, sobretudo na implementação de uma tecnologia mais avançada e moderna, como sistemas de recirculação.

Sistemas de recirculação vêm sendo utilizados no mundo inteiro. No Brasil, surgem como alternativa aos sistemas convencionais de cultivo, por gerar economia e uso racional da água, e reduzir ou cessar a emissão de efluentes e, conseqüentemente, de cargas orgânicas. O uso desses sistemas ainda é restrito à criação de espécies ornamentais e em aquários públicos

e privados, em laboratórios de reprodução e alevinagem de tilápia, e na larvicultura de camarão (KUBITZA, 2006).

Por outro lado, sistemas intensivos são amplamente empregados em laboratório de produção de peixes, uma vez que possibilitam um melhor controle sobre a qualidade de água e a alimentação. Isto é particularmente importante na criação de espécies cujo hábito alimentar é carnívoro, uma vez que são mais exigentes quanto aos manejos de criação. No entanto, devido à escassez de informações sobre práticas de manejo a serem adotadas nas primeiras fases de vida de espécies nativas do São Francisco em sistemas de recirculação, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas visando conhecer quais os manejos mais adequados a serem adotados.

Portanto, é importante determinar diferentes aspectos relacionados ao manejo, sobretudo alimentação e qualidade de água, nas fases iniciais de criação do pacamã, visando a obtenção de subsídios para o desenvolvimento de uma tecnologia de produção de juvenis de espécies de peixes do São Francisco em sistema de recirculação, e especificamente definir: a melhor frequência de troca de água nas unidades de criação; a melhor frequência alimentar; e a melhor densidade e taxa de alimentação, inclusive através da interação desses fatores; na larvicultura de pacamã em sistema de recirculação de água.

2- Revisão de literatura

O Brasil possui 13,7% da água doce superficial do planeta (TUNDISI, 2003) e clima favorável, o que o torna um país com características adequadas para o desenvolvimento da aquicultura. No entanto, essa atividade vem sendo considerada disseminadora de espécies exóticas (FERNANDES et al., 2003), de enfermidades (MAXIMIANO et al., 2005) e poluidora devido à descarga de matéria orgânica em cursos de água que contribui para a eutrofização (KUBITZA, 1998; HUSSAR et al., 2004). A larvicultura e alevinagem no Brasil, ainda são realizadas, em sua maioria, em viveiros fertilizados, onde os animais estão expostos a vários fatores ambientais que podem ser inadequados ao desempenho de algumas espécies. Além disso, este tipo de cultivo pode gerar efluentes ricos em nitrogênio e fósforo. Com isso, a utilização de sistemas fechados de recirculação de água vem se tornando uma das alternativas para a aquicultura (OZÓRIO et al., 2004; COLT et al., 2006; GUTIERREZ-WING e MALONE, 2006).

Em sistemas fechados de circulação de água, os biofiltros são utilizados para diminuir as concentrações de amônia por meio da sua oxidação a nitrato pelas bactérias nitrificantes (HAGOPIAN e RILEY, 1998). No entanto, para que a nitrificação ocorra de maneira eficiente é necessário levar em conta: o tipo de substrato, concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, pH, alcalinidade, turbulência, salinidade da água (CHEN et al., 2006), área superficial específica do substrato e homogeneidade do fluxo de água no biofiltro (LEKANG e KLEPPE, 2000).

Com o intuito de melhorar o processo de nitrificação, diferentes tipos de biofiltros e substratos foram avaliados (LEKANG e KLEPPE, 2000; RHIDA e CRUZ, 2001; AL-HAFEDH et al., 2003; ASANO et al., 2003; LYSENKO e WHEATON, 2006). Porém, os diversos sistemas utilizados em aquicultura vêm apresentando diferentes desempenhos e características operacionais, o que torna difícil selecionar o melhor sistema e realizar estudos

devido ao grande número de parâmetros que devem ser medidos e controlados (COLT et al., 2006). Logo, são necessários estudos de sistemas de cultivo eficientes para o melhor aproveitamento da água e que procurem mitigar esses impactos. Neste sentido, a utilização de sistemas fechados de recirculação de água vem sendo uma das alternativas na aquicultura mundial tanto para espécies de água doce como para marinhas (OLIVAR et al., 2000; RHIDA e CRUZ, 2001; ASANO et al., 2003; AL-HAFEDH et al., 2003; OZÓRIO et al., 2004; GUTIERREZ-WING e MALONE, 2006).

Apesar da necessidade do desenvolvimento de sistemas de biofiltração para uma aquicultura mais sustentável, trabalhos sobre a larvicultura de peixes neotropicais que utilizem este tipo de sistemas são escassos no Brasil (PEDREIRA, 2003). Este fato se deve, especialmente, aos altos custos de implantação e a necessidade de mão de obra especializada.

Além dos sistemas de criação, existem vários outros fatores que podem contribuir para o sucesso ou fracasso da larvicultura, podendo-se destacar o manejo alimentação e a densidade de estocagem, sobretudo nas fases iniciais.

Com relação à alimentação, vários trabalhos têm sido desenvolvidos no intuito de se alcançar um rápido crescimento e melhores taxas de sobrevivência (LUZ et al., 2000; LUZ e ZANIBONI FILHO, 2001; HAYASHI et al., 2002; HUNG et al., 2002; FEIDEN et al., 2006; LUZ, 2007). No entanto, os resultados têm sido dependentes do tipo de alimento empregado e da espécie estudada.

Dentre os alimentos empregados, o uso de náuplios de artêmia vem se mostrando uma ótima alternativa para as diferentes espécies de peixes de água doce (LOPES et al., 1996; BEHR e HAYASHI, 1997; LUZ e ZANIBONI FILHO, 2001; LUZ e PORTELLA, 2002; GUERRERO-ALVARADO, 2003; LUZ e PORTELLA, 2005; CAMPAGNOLO e NUÑER, 2006; JOMORI et al., 2008; LUZ e SANTOS, 2008b; SANTOS e LUZ, 2009). Vários autores afirmam que os náuplios de artêmia apresentam enzimas proteolíticas que podem ser

benéficas às larvas (MUNILLA-MORAN et al., 1990; WALFORD e LAM, 1993; KIM et al., 1996; CAHU e ZAMBONINO INFANTE, 1997). Entretanto, a quantidade de artêmia a ser ministrada diariamente, seja em número de náuplios por larva como na proporção do peso total das larvas, além da frequência alimentar diária, em sistemas fechados ainda são incipientes.

A quantidade de ração por dia adicionada em sistemas de criação intensiva merece atenção especial por afetar o crescimento (KESTEMONT e AWAÏSS, 1989; CESTAROLLI et al, 1997;. RABE e BROWN, 2000; LUZ, 2004), Sobrevivência (HERNÁNDEZ-CRUZ et al, 1999; PUVANENDRAN e BROWN, 1999;. DOU et al, 2003), o canibalismo (LUZ e ZANIBONI FILHO, 2001), comportamento alimentar (GEORGALAS et al, 2007), e reduzir a mortalidade quando identificado o nível ideal (LEE e OSTROWSKI. , 2001).

De acordo com Luz e Portella (2005) a frequência alimentar merece atenção por ser pouco estudado na larvicultura de peixes neotropias. Nesse contexto, esse manejo de alimentação deve ser bem avaliado, uma vez que manejos adequados podem levar ao melhor aproveitamento da mão de obra, item que contribui com significativa parcela do custo contabilizado na produção de peixes (JOMORI et al., 2005), otimizar os manejos dentro do laboratório (LUZ e PORTELLA, 2005) e melhorar o crescimento e sobrevivência dos animais (RABE e BROWN, 2000; CARNEIRO e MIKOS, 2005; LUZ e PORTELLA, 2005; CANTON et al., 2007). Além disso, a frequência de alimentação ideal pode aumentar a oportunidade de consumo, diminuir o comportamento agressivo e reduzir a variação de tamanho da população (WANG et al., 1998).

Outro importante fator a ser considerado durante a larvicultura e alevinagem é a densidade de estocagem. A densidade de estocagem ideal depende da espécie a ser criada, das condições de criação, do tipo de alimento, do tamanho dos peixes, entre outros fatores. A densidade de estocagem também deve ser considerada do ponto de vista da viabilidade

econômica e do custo de produção de peixes, como no caso do matrinxã *Brycon cephalus* (CARVALHO et al., 1997; GOMES et al., 2000) e de *Gadus morhua* (BASKERVILLE-BRIDGES e KLING, 2000), já que o adensamento adequado de animais em um determinado espaço físico pode ser uma operação benéfica comercialmente, onde o volume do tanque e os recursos econômicos são maximizados (FAIRCHILD e HOWELL, 2001).

Zaniboni Filho (2000) recomenda a utilização de 15 a 30 larvas/l para a criação intensiva de larvas de peixes tropicais de água doce, nos primeiros dias de vida. No entanto, a densidade recomendada para *Hoplias lacerade* pode ser de até 90 larvas/l (LUZ e PORTELLA, 2005). Segundo Lee e Ostrowski (2001), para espécies criadas nos EUA, a estocagem varia entre 20-40 larvas/l. Já Shields (2001) relata que, para a larvicultura de peixes marinhos europeus, esse manejo depende da espécie, sendo 50-150 larvas/l para *Dicentrarchus labrax* e *Sparus aurata*, de 30 larvas/l para *Scophthalmus maximus* e de 10 larvas/l para *Hippoglossus hippoglossus*.

Pesquisas com larvicultura do pacamã ainda são muito incipientes. Resultados observados em experimentos realizados em laboratório mostram que o pacamã possui crescimento satisfatório nos primeiros dias de vida e é resistente ao manejo.

3- Referência bibliográfica

- AL-HAFEDH, Y.S.; ALAM, A.; ALAM, M.A. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquacultural Engineering**, v.29, 139-154, 2003.
- ASANO, L.; AKO, H.; SHIMIZU, E.; TAMARU, C. Limited water exchange production systems for freshwater ornamental fish. **Aquaculture Research**, v.34, 937-941, 2003.
- BASKERVILLE-BRIDGES, B.; KLING, L.J. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. **Aquaculture**, v.181, p.61-69, 2000.
- BEHR, E.R. e HAYASHI, C. Alimentação de larvas de *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) em bandejas berçário durante o período crítico. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 12, 1997, São Paulo. **Resumos**. São Paulo/SP. 1997. p. 51.
- BEUX, L.F.; ZANIBONI FILHO, F. Influência da baixa salinidade na sobrevivência de náuplios de *Artemia* sp. **Boletim Instituto de Pesca**, v.31, 73-77, 2006.
- CAHU, C.L. e INFANTE, J.L.Z. Is the digestive capacity of marine fish larvae sufficient for compound diet feeding?. **Aquaculture International**, v.5, 151-160, 1997.
- CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, 231-237, 2006.
- CANTON, R.; WEINGARTNER, M.; FRACALOSSO, D.M.; ZANIBONI FILHO, E. Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.749-753, 2007.
- CARNEIRO, P.C.F.; MIKOS, J.D. Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural**, v.35, p.187-191, 2005.
- CARVALHO, R.A.P.L.F.; FERRAZ DE LIMA, J.A.; SILVA, A.L.N. Efeito da densidade de estocagem no desempenho do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869), cultivado em tanques-rede no período de inverno. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24, n. esp., p.177-185, 1997.
- CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J-P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v.34, 179-197, 2006.
- COLT, J.; LAMOUREUX, J.; PATTERSON, R.; ROGERS, G. Reporting standards for biofilter performance studies. **Aquacultural Engineering**, v.34, 377-388, 2006.

DOU, S., MASUDA, R., TANAKA, M., TSUKAMOTO, K. Identification of factors affecting the growth and survival of the settling Japanese flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, 218, 309–327, 2003.

FAIRCHILD, E.A.; HOWELL, W.H. Optimal stocking density for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.32, n.3, p.300-308, 2001.

FEIDEN, A.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Desenvolvimento de larvas do surubim-do-igaçu (*Steindachneridion melanodermatum*) submetidas a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, 2203-2210, 2006.

FERNANDES, R.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. Pesque-pague: negócio ou fonte de dispersão de espécies exóticas? **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.25, p.115-120, 2003.

GEORGALAS, V., MALAVASI, S., FRANZOI, P., TORRICELLI, P. Swimming activity and feeding behaviour of larval European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects of ontogeny and increasing food density. **Aquaculture** 264, 418–427, 2007.

GOMES, L.C.; BALDISSEROTO, B.; SENHORINI, L.A. Effect of density on water quality, survival and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. **Aquaculture**, v.183, p.73-81, 2000.

GUERRERO-ALVARADO, C.E. Treinamento alimentar de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829): Sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos. 2003. 72p. **Dissertação (Mestrado em Aquicultura)** - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GUTIERREZ-WING, M.T.; MALONE, R.F Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering**, v.34, 163-171, 2006.

HAGOPIAN, D.S.; RILEY, J.G. A closer look at the bacteriology of nitrification. **Aquacultural Engineering**, v.18, 223-244, 1998.

HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M.; SOUZA, S.R. Uso de plâncton silvestre, fermento fresco e levedura desidratada na alimentação de larvas de cascudo chinelo, *Loricariichthyes platymetopon* (Isbrüchen & Nijssen, 1979) (Osteichthyes:Loricariidae). **Acta Scientiarum. Biological Science**, v.24, 541-546, 2002.

HERNÁNDEZ-CRUZ, C.M., SALHI, M., BESSONART, M., IZQUIERDO, M.S., GONZÁLEZ, M.M., FERNÁNDEZ-PALACIOS, H. Rearing techniques for red porgy (*Pargus pargus*) during larval development. **Aquaculture** 179, 489–497, 1999.

HUNG, L.T.; TUAN, N.A.; CACOT, P.; LAZARD, J. Larval rearing of the Asian catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasiidae): alternative feeds and weaning time. **Aquaculture**, v.212, 115-127, 2002.

HUSSAR, G.J.; CONCEIÇÃO, C.H.Z. da; PARADELA, A.L.; BARIN, D.J.; JONAS, T.C.; SERRA, W.; GOMES, J.P.R. Uso de leitos cultivados de vazão subsuperficial na remoção de macronutrientes de efluentes de tanques de piscicultura. **Engenharia Ambiental**, v.1, p.25-34, 2004.

JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MARTINS, M.I.E.G.; PORTELLA, M.C. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 234, p.175-183, 2005.

JOMORI, R. K.; DUCATTI, C.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Stable carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) isotopes as natural indicators of live and dry food in *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) larval tissue. **Aquaculture Research**, v.39, 370-381. 2008.

KESTMONT, P.; AWAÏSS, A. Larval rearing of the gudgeon, *Gobio gobio* L., under optimal conditions of feeding with the rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Müller. **Aquaculture**, v.83, p.305-318, 1989.

KIM, J.; MASSEE, K.C.; HARDY, R.W. Adult Artemia as food first feeding coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture**, v.144, 217-226, 1996.

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso de água. **Panorama da Aquicultura**, v.16, p.15-22, 2006.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Parte II. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.8, p.35-41, 1998.

LEE, C. S.; OSTROWSKI, A. C. Current status of marine finfish larviculture in the United States. **Aquaculture**, v.200, p. 89-109, 2001.

LEKANG, O.I.; KLEPPE, H. Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media. **Aquacultural Engineering**, v.21, 181-199. 2000.

LINS, L.V.; MACHADO, A.B.M.; COSTA, C.M.R.; HERRMANN, G. Roteiro metodológico para elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção (contendo a lista oficial da fauna ameaçada de extinção de Minas Gerais). **Publicações Avulsas da Fundação Biodiversitas**, v.1, p.1-50, 1997.

LOPES, R.N.M.; FREIRE, R.A.B.; VICENSOTTO, J.R.M.; SENHORINI, J.A. Alimentação de larvas de surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (AGASSIZ, 1829) em laboratório na primeira semana de vida. **Boletim Técnico do CEPTA**, v.9, 11-29, 1996.

LUZ, R.K. **Aspectos da larvicultura do trairão *Hoplias lacerdae*: manejo alimentar, densidade de estocagem e teste de exposição ao ar**. 120p. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

LUZ, R. K. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, 65 – 72, 2007.

LUZ, R. K.; PORTELLA, M. C. Larvicultura de trairão (*Hoplias lacerdae*) em água doce e água salinizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, 829-834, 2002.

LUZ, R. K.; PORTELLA, M. C. Frequência alimentar na larvicultura do *Hoplias lacerdae*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, 1442-1448, 2005:

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. dos Avaliação da tolerância de larvas do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1877 (Pisces: Siluriformes) a diferentes salinidades. **Acta Scientiarum. Biological Science**, v.30, 345-350, 2008a

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. dos Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, 903-909, 2008b.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação do mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*, Lacépède). **Acta Scientiarum. Biological Science**, v.23, 483-489, 2001.

LUZ, R.K., SATO, Y., SANTOS, J.C.E. dos Reproducción y larvicultura de pacamán. **Infopesca Internacional**, v.36, 20-23, 2008.

LUZ, R.K.; FERRERIRA, A.A.; REYNALTE-TATAJE, D.; MAFEZZOLLI, G.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura de dourado (*Salminus maxillosus*, Valenciennes, 1849), nos primeiros dias de vida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11, 2000. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis/SC. 2000. não paginado, CD ROM.

LYSSENKO, C. e WHEATON, F. Impact of positive ramp short-term operating disturbances on ammonia removal by trickling and submerged-upflow biofilters for intensive recirculating aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v.35, 26–37, 2006.

MAXIMIANO, A. de A.; FERNANDES, R.O. de; NUNES, F.P.; ASSIS, M.P. de; MATOS, R.V. de; BARBOSA, C.G.S.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. Use of veterinary drugs and pesticides in the aquatic environment: demands, regulation and concerns on risks to human and environmental health. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.10, p.481-491, 2005.

MUNILLA-MORAN, R.; STARK, J.R.; BARBOURA, A. The role of exogenous enzymes in digestion in cultured turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v.88, p. 337-350, 1990.

- OLÍVAR, M.P.; AMBROSIO, P.P.; CATALÁN, I.A. A closed water recirculation system for ecological studies in marine fish larvae: growth and survival of sea bass larvae fed with live prey. **Aquatic Living Resources**, v.13, p. 29-35. 2000.
- OZÓRIO, R.O.A.; AVNIMELECH, Y.; CASTAGNOLLI, N. Sistemas intensivos fechados de produção de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, São Paulo: TecArt, 2004. p.7-24.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, tratamento e diagnóstico**. Maringá: EDUEM, 1998. 264p.
- PEDREIRA, M.M. Comparação entre três sistemas no cultivo de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Ceres**, v.50, p.779-786, 2003.
- PUVANENDRAN, V., BROWN, J.A. Foraging, growth and survival of Atlantic cod reared in different prey concentrations. **Aquaculture** 175, 77–92, 1999.
- RABE, J.; BROWN, J.A. A pulse feeding strategy for rearing larval fish: an experiment with yellowtail flounder. **Aquaculture**, v.191, p.289-302, 2000.
- RHIDA, M.T.; CRUZ, E.M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. **Aquacultural Engineering**, v.24, 157-166, 2001.
- SANTOS, J.C.E. dos; LUZ, R.K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v.287, 324-328, 2009.
- SATO, Y. e GODINHO, H.P. Peixes da bacia do Rio São Francisco. In: LOWE-MCCONNEL, R.H; tradução Anna Emília A. De M. Vazzoler, Angelo Antônio Agostinho, Patrícia T. M. Cunningham (Eds). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999. p.401-413.
- SHIELDS, R.J. Larviculture of marine finfish in Europe. **Aquaculture**, v.200, p.55-88, 2001.
- TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2.ed. São Carlos: RiMa: IIE, 2003. 251p.
- WALFORD, J.; LAM, T.J. Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. **Aquaculture**, v.109, 187-205, 1993.
- WANG, N.; HAYAWARD, R.S.; NOLTIE, D.B. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. **Aquaculture**, v.165, p.261-267, 1998.

SANTOS, J. C. E. Larvicultura de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) em sistemas de recirculação de ...

ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura de peixes de água doce. **Informe Agropecuário**, v.21, p.69-77, 2000.

4- Artigo científico

4. 1 - Artigo científico I

Artigo científico a ser encaminhado a Revista:
[Pesquisa Agropecuária Brasileira].

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

**Biofiltração e frequência de troca de água na larvicultura de pacamã
em sistema de recirculação de água (SRA)**

José Cláudio Epaminondas dos Santos^(1,3), Ronald Kennedy Luz⁽²⁾ e Eudes de Souza
Correia⁽³⁾

⁽¹⁾ Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias – Companhia de
Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Caixa postal 11, CEP: 39205-
000 Três Marias, MG. E-mail: jose.claudio@codevasf.gov.br

⁽²⁾ Universidade Federal de Minas Gerais. Laboratório de Aquicultura. Av. Antônio Carlos,
6627, CEP: 31270-901 Belo Horizonte, MG. E-mail luzrk@yahoo.com

⁽³⁾ Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Av.
Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 50.090-090 Recife, PE. E-mail:
ecorreia@depaq.ufrpe.br

Resumo - O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da biofiltração e da frequência de
troca de água na larvicultura de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) em sistemas de
recirculação de água (SRA). Foram testadas três frequências de troca de água (quatro réplicas
cada), em três diferentes SRA, num delineamento inteiramente casualizado em esquema de
parcelas subdivididas. Larvas de pacamã com 13,9 mm de comprimento total e 22 mg de peso
total, foram estocadas na densidade de 10 larvas.L⁻¹, em 36 tanques de 10L. A alimentação
constou de náuplios de artêmia na proporção de um grama de náuplios por grama de peixe por
dia, dividida em três refeições. Índices zootécnicos e parâmetros de qualidade de água foram
analisados. O crescimento registrou efeito (P<0,01) apenas da frequência de troca de água,
cuja menor troca de água propiciou o melhor desempenho. A troca de água também afetou
(P<0,05) a sobrevivência, sendo menor apenas na mais alta. Os diferentes sistemas de
recirculação de água tiveram implicação direta na qualidade da água, sobretudo nos

compostos nitrogenados. A frequência de troca de água foi determinante no desempenho dos índices zootécnicos de larvas de pacamã.

Termos para indexação: biofiltração; fluxo de água; compostos nitrogenados; crescimento; peixe carnívoro; *Lophiosirulus alexandri*

Bio-filtration and water exchange frequency in the pacamã larviculture in a water recirculation system (WRS)

Abstract - This study aimed at evaluating the water exchange frequency in the larviculture of *Lophiosilurus alexandri* (pacamã) in water recirculation water systems (WRS). Three frequencies of water exchange (four replicates each) were tested in three different WRS, in a completely randomized split-plot design. Larvae of pacamã with total length of 13.9 mm and total weight of 22 mg were stocked at a density of 10 larvae. L⁻¹ in 36 10 L tanks. Feeding consisted of artemia nauplii in the proportion of one gram of nauplii per gram of fish per day, divided into three meals. Biological indices and water quality parameters were analyzed. Growth was affected ($P<0.01$) only by the water exchange frequency, and the less frequent water exchange resulted in the best performance. Water exchange also affected ($P<0.05$) survival, which was lower only in the highest. The different water recirculation systems had direct implication on water quality, especially in the nitrogenous compounds. The frequency of water exchange was crucial for the biological indices of pacamã larvae.

Terms for indexing: Bio-filtration; water flux; nitrogenous compounds, growth, carnivorous fish, *Lophiosirulus alexandri*

Introdução

A larvicultura é considerada uma fase crítica na produção de muitas espécies de peixes, sobretudo pela falta de informação sobre as melhores condições de cultivo a serem empregadas (Santos & Luz, 2009). No Brasil, pisciculturas públicas e privadas geralmente conduzem a larvicultura utilizando fluxo contínuo de água. Embora o Brasil possua 13,7% da água doce superficial do planeta, existe uma tendência mundial de se adotar sistemas de produção mais eficientes no uso deste recurso essencial para a manutenção da vida. Neste sentido, sistemas de recirculação de água são uma das alternativas para a aquicultura (Ozório et al., 2004; Colt et al., 2006; Gutierrez-Wing & Malone, 2006). A utilização de biofiltros em sistemas de recirculação é obrigatória para oxidar a amônia gerada pelos dejetos e excreção de peixes (Ebeling et al., 2006). A eficiência deste processo é influenciada, entre outros fatores, pelo tipo de substrato (Chen et al., 2006), pela área superficial e pelo fluxo de água (Lekang & Kleppe, 2000).

Independente do sistema a ser adotado (aberto ou fechado), o fluxo de água possui importância primordial, pois determina as condições ideais de cultivo, sobretudo a qualidade de água e disponibilidade de alimento. Luz et al. (2011) observaram que o fluxo de água não influenciou no crescimento do pacamã *Lophiosilurus alexandri* mantido em sistema aberto, mas afetou a temperatura e o oxigênio dissolvido da água. Segundo os autores, os compostos nitrogenados, importantes em sistemas fechados, não foram analisados devido à troca contínua de água. Davison (1997) relatou que a velocidade da água favorece o crescimento de vários salmonídeos, além de diminuir o comportamento agressivo dos animais. Por outro lado, o crescimento do linguado *Paralichthys californicus* foi reduzido pela alta taxa de renovação de água em sistema de recirculação (Merino et al., 2007).

O pacamã, *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876, família Pseudopimelodidae, é um peixe nativo da bacia do rio São Francisco. É um peixe de hábito alimentar carnívoro, possui comportamento sedentário, tem preferência por ambientes lênticos e apresenta cuidado

parental (Luz & Santos, 2008a). É uma espécie comumente utilizada em programas de repovoamento por sua importância ecológica (Luz et al., 2011). Por estes motivos, esforços vêm sendo realizados para aprimorar e desenvolver o manejo de produção de juvenis desta espécie (Tenório et al., 2006; Luz & Santos, 2008a, b; Pedreira et al., 2008; Santos & Luz, 2009; Luz et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da biofiltração e da frequência de troca de água na larvicultura de pacamã em sistemas de recirculação de água (SRA).

Material e Métodos

O experimento foi executado no Laboratório de Larvicultura do Centro Integrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias (1ª/CIT), que pertence à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), em Três Marias, Minas Gerais.

Larvas de pacamã foram obtidas através de desova natural, em viveiros de 200 m² com parede de alvenaria e fundo de areia. Os ovos (adesivos), foram levados ao Laboratório e incubados em caixa plástica retangular (≈50 L) com água corrente e drenagem de fundo. Uma peneira plástica adaptada (≈10 cm de altura) foi usada como suporte, permitindo que a água circulasse por toda massa de ovos. A eclosão das larvas ocorreu dois dias após a desova a uma temperatura de 28 °C. As larvas eclodidas foram estocadas em caixas plásticas circulares (10 L), com água corrente, até a abertura da boca, que ocorreu no sexto dia, na mesma temperatura da incubação. Após este período, larvas com 13,83±0,40 mm de comprimento total e 22,04±1,26 mg de peso total foram utilizadas para o experimento.

O experimento foi realizado em três sistemas de recirculação de água, compostos individualmente, por 12 tanques plásticos circulares brancos (10 L cada), e um reservatório com 50 litros de volume útil. A água residual dos tanques era conduzida por gravidade ao reservatório, num sistema de escoamento comum para tratamento. Um filtro mecânico, com lâ

100 acrílica, foi instalado na entrada do mesmo, para reduzir os sólidos decantáveis e em
101 suspensão. Ainda no reservatório, aquecedores com termostato, soprador e difusores, foram
102 utilizados para manter a temperatura em 28 °C e oxigenação da água acima de 5 mg.L⁻¹. O
103 retorno da água tratada foi realizado através de um sistema de abastecimento com bomba
104 hidráulica (4500 L.h⁻¹). Cada unidade de criação foi dotada de controle próprio de entrada e
105 saída de água.

106 Para cada SRA utilizou-se um filtro biológico específico, que variou em função do tipo
107 de biofiltro e do meio filtrante. Os biofiltros utilizados foram: fluidizado, utilizando-se areia
108 como meio filtrante, cuja área superficial específica (ASE) foi de 5000 m².m⁻³ (volume útil
109 filtrante de 0,9 L); percolado, utilizando-se biobolas, ASE de 500 m².m⁻³ (8,5 L); e,
110 percolado, utilizando-se anéis de cerâmica, ASE de 1800 m².m⁻³ (2,4 L). Estes foram
111 instalados nos respectivos reservatórios e uma bomba hidráulica (2000 L.h⁻¹) promoveu a
112 circulação da água do reservatório pelo biofiltro à uma taxa de carga hidráulica diária de 350
113 m³ por metro quadrado de área filtrante, para os SRA que utilizaram biobola e anéis de
114 cerâmica, e de 480 m³, para o de areia. Para formação da película bacteriana, os meios
115 filtrantes foram deixados submersos, com fornecimento semanal de 30 g de ração comercial
116 (28 % PB) e oxigenação constante, por mais de 30 dias. Os biofiltros foram calculados
117 conforme a taxa de alimentação, segundo os critérios descritos por Timmons et al. (2009).

118 Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema de
119 parcelas subdivididas. O tratamento principal foi o SRA, sendo um total de três, cada um com
120 um tipo de biofiltro específico, e o respectivo meio filtrante, a saber: areia fluidizada (SRA-
121 Are), percolado de biobola (SRA-Bio), e percolado de anéis de cerâmica (SRA-Cer). O
122 tratamento secundário foi a frequência de troca de água, no total de três, empregada nos
123 tanques de criação, sendo: uma (F1), quatro (F4), e oito (F8) trocas do volume total de cada
124 tanque por hora, com quatro réplicas cada.

O período do experimento foi de 15 dias. Foi utilizada uma densidade de estocagem de 10 larvas.L⁻¹ e fotoperíodo de 10 horas luz e 14 horas escuro. A alimentação constou de náuplios de artêmia, na proporção de um grama de náuplios por grama de larva por dia, e foi dividida em três refeições, às 9, 13 e 17 horas. A concentração de náuplios foi acrescida em 50% a cada cinco dias. Os náuplios eclodiram em água salgada a 30 g.L⁻¹, temperatura a 28 °C e luminosidade de 2000 lux.

A qualidade da água foi monitorada através do pH e dos sólidos dissolvidos totais (STD). Estas variáveis foram monitoradas diariamente, pela manhã e a tarde, antes da refeição, utilizando-se um aparelho multiparâmetro (HORIBA U22). Outras variáveis verificadas foram: alcalinidade (método potenciométrico); íon amônio, nitrito e nitrato (cromatografia iônica); e dióxido de carbono (Mackereth et al., 1978). Amostras de água para determinação dessas variáveis foram tomadas sempre pela manhã (7 h), a cada três dias do experimento e analisadas em laboratório. O monitoramento, assim como a coleta de água, foi realizado em todas as unidades experimentais.

Os índices de desempenho zootécnicos verificados foram: comprimento total (CT), peso total (PT) e taxa de crescimento específico diário (TCE). Uma biometria inicial foi realizada com 20 indivíduos do grupo de animais. Após o início do experimento foram realizadas biometrias a cada cinco dias, utilizando-se cinco peixes de cada unidade experimental. Para a biometria final, utilizaram-se 10 animais. Para todas as biometrias, os animais foram submetidos a um choque térmico para abate e, posteriormente, foram medidos com auxílio de paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm) e pesados em balança analítica ($\pm 0,0001$ g). Com o peso total médio inicial (PTi) e peso total médio final (PTf) foi calculada a taxa de crescimento específico: $TCE (\% \text{ peso vivo} \cdot \text{dia}^{-1}) = 100(\ln PTf - \ln PTi)/T$, considerando-se T o período em dias entre amostragens. Ao término do experimento foi determinada a sobrevivência.

Os índices zootécnicos (CT, PT e TCE), sobrevivência, bem como os parâmetros de qualidade de água foram submetidos à ANOVA (Zar, 2010). Para verificar a diferença entre as médias foi aplicado o teste Tukey, ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas através do programa estatístico GraphPad Prism 6.0.

Resultados e Discussão

Apenas a frequência de troca de água apresentou efeito ($P<0,01$) no desempenho dos índices zootécnicos na larvicultura de pacamã (Tabelas 1 e 2). O crescimento dos animais apresentou uma relação inversa com a frequência de troca de água, onde o crescimento aumentou com a redução do fluxo de água. Após cinco dias de alimentação, os menores valores de comprimento total, peso total e TCE foram registrados no F8, por outro lado, em F1 e F4 foi observado um incremento destas variáveis, mas semelhante entre si. Após 10 e 15 dias de alimentação, a diferença entre os tratamentos foi acentuada, com maiores valores para F1, intermediários para F4 e menores para F8. A sobrevivência também só foi afetada ($P<0,01$) pela frequência de troca de água (Tabela 2). Os tratamentos F1 e F4 registraram a maior sobrevivência, enquanto o F8 a menor. Isso está relacionado ao comportamento sedentário do pacamã, que tem preferência por ambientes lênticos e possui baixa exigência de qualidade de água, principalmente, oxigênio dissolvido. Foi observado na F8, ou seja, oito trocas de água por hora, que os animais apresentaram uma atividade natatória mais intensa se posicionando contracorrente e separados uns dos outros, sobretudo na hora da alimentação, cuja posição favorecia a captura dos náuplios de artêmia. Por outro lado, na F1, as larvas permaneciam paradas grande parte do tempo e agrupadas. O tratamento F8 se revelou totalmente insatisfatório para a larvicultura de pacamã em SRA.

Apesar de alterações em alguns parâmetros de qualidade de água e de alguns destes estarem fora da faixa considerada ideal para peixes e para o bom funcionamento dos SRA, o

173 crescimento e a sobrevivência do pacamã não foram afetados. Este fato sugere maior
174 tolerância de larvas de pacamã a condições adversas de cultivo, fato desejável na escolha de
175 uma espécie adequada a estudos voltados ao desenvolvimento de tecnologia para sua
176 produção, por se mostrar um peixe mais tolerante a possíveis alterações de qualidade de água.

177 O peso total do pacamã na F1 foi cerca de uma vez e meia superior ao F4 e de três vezes
178 maior que F8, enquanto a sobrevivência foi melhor em F1 e F4. Além disso, foi observada
179 uma relação direta entre o fluxo e a atividade natatória das larvas, sendo mais ativa em F8,
180 cujo maior fluxo pode ter redirecionado a energia necessária para o crescimento (Altinok &
181 Grizzle, 2004; Baldisserotto, 2005).

182 O pH e a concentração de SDT, foram influenciados ($P < 0,01$) somente pelos SRA
183 (Tabela 3). Quanto ao pH, a faixa de amplitude ideal indicada para produção de peixes pode
184 variar conforme a espécie, porém geralmente se situa entre 6,5 e 9,0 em água doce
185 (Baldisserotto, 2009; Arana, 2010). Timmons et al. (2009) indicam que a faixa adequada para
186 SRA está entre 6,5 e 8,5. Os valores de pH encontrados nesse experimento variaram de 6,2 a
187 6,5, e ficaram um pouco abaixo do mínimo sugerido pelos autores supracitados, devido,
188 sobretudo, ao processo de nitrificação. Porém, isso pode ter beneficiado os animais devido a
189 redução da concentração de amônia (Eding et al., 2006), uma vez que o crescimento não foi
190 afetado. Com relação à concentração de SDT, esta ficou abaixo do limite máximo sugerido
191 para SRA, que é de 400 mg.L^{-1} (Timmons et al., 2009), indicando a eficiência do filtro
192 mecânico utilizado nos diferentes SRA. Cargas elevadas de SDT devem ser evitadas, pois
193 compromete a eficiência do processo de nitrificação pela alteração da relação entre bactérias
194 nitrificantes (autotróficas) e heterotróficas (Chen et al., 2006).

195 No geral, apesar das diferenças significativas registradas entre os SRA para pH e SDT,
196 é possível observar que os valores apresentaram uma faixa estreita de variação.

Os SRA apresentaram influência na alcalinidade ($P < 0,01$), assim como da frequência de troca de água no final do cultivo ($P < 0,05$) (Tabela 4). No SRA-Bio, verifica-se que a alcalinidade manteve-se estável em todos os dias amostrados até o décimo segundo dia de larvicultura de pacamã, cujas concentrações ficaram mais próximas da mínima recomendada (50 mg.L^{-1} de CaCO_3) por Al-Hafedh et al. (2003). Porém, ao final (15º dia), houve uma queda brusca da concentração dessa variável, chegando a níveis inferiores ao SRA-Are e SRA-Cer, os quais apresentaram queda significativa já aos nove dias de criação. No último dia de cultivo (15º dia), foi registrado efeito ($P < 0,05$) da frequência de troca de água na alcalinidade (Tabela 4).

A redução da alcalinidade está relacionada ao processo de nitrificação, que requer 2 mols e 1 mol de HCO_3^- para oxidar o NH_4^+ e a NH_3 , respectivamente (Eding et al., 2006). Pedreira et al. (2009), encontraram valores de alcalinidade variando de 21,8 a 56,9 mg.L^{-1} de CaCO_3 na larvicultura de pacamã, empregando diversas composições de cascalho, concha e brita, e observaram que os mesmos não afetaram o crescimento. Alcalinidade média de 40,2 mg.L^{-1} de CaCO_3 foi encontrada por Braun et al. (2006), testando diferentes níveis de oxigênio dissolvido em juvenis de *Rhamdia quelen*, enquanto que na larvicultura desta mesma espécie numa alcalinidade de 124,9 mg.L^{-1} de CaCO_3 , com pH de 8,5, foi observado um melhor crescimento (Lopes et al., 2001).

O SRA afetou ($P < 0,01$) a concentração do íon amônio (NH_4^+) nos diferentes dias de coleta (Tabela 5). Observa-se que, nos dias amostrados, a concentração de NH_4^+ foi alta apenas no SRA-Bio, exceto no 15º dia, cuja concentração de NH_4^+ foi menor. Porém, os resultados de desempenho encontrados mostram que o crescimento não foi afetado (Tabelas 1 e 2), indicando que o NH_4^+ não foi um fator limitante ao desenvolvimento dos peixes (Luz & Santos, 2008a, b; Santos & Luz, 2009). A não toxicidade desse composto está relacionada, principalmente, aos baixos valores de pH, que influenciam diretamente o potencial tóxico da

amônia (Eding et al., 2006). Entre as formas de nitrogênio amoniacal, o íon NH_4^+ é menos tóxico para os peixes do que a forma não ionizada NH_3 , sendo o pH determinante para o equilíbrio entre essas duas formas na água (Arana, 2010). A concentração letal de NH_3 para pacamã foi estimada em 480 e 920 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em pH 8,2 e 8,5, respectivamente (Cardoso et al., 1996).

Na tabela 6 é possível verificar a influência ($P<0,01$) dos SRA nas concentrações de nitrito (NO_2^-), exceto no 15º dia, e da frequência de troca de água ($P<0,05$), apenas no 6º dia de cultivo. Não foi detectado NO_2^- nas três últimas amostragens (9º, 12º e 15º dia) realizadas no SRA-Are. O NO_2^- também não foi detectado em duas amostragens iniciais (3º e 6º dia) no SRA-Bio, e no 15º dia no SRA-Cer. A ausência de NO_2^- no SRA-Bio pode estar relacionada ao início do processo de nitrificação (Pedreira et al., 2009). Porém, a tendência de redução da concentração de NO_2^- ao longo do experimento, exceto para SRA-Bio, sugere que o mesmo pode ter sido convertido a nitrato, uma vez que essa conversão pode ocorrer prontamente (Chen et al., 2006). Confrontando os dados do 15º dia nas Tabelas 6 e 7, é importante observar que, enquanto o NO_2^- não é detectado no SRA-Are e SRA-Cer, são registrados os maiores valores para nitrato. Por outro lado, no SRA-Bio, enquanto o nitrito teve o maior valor, o nitrato apresentou o menor. Apesar dos níveis de NO_2^- encontrados, sobretudo no SRA-Bio aos 12 e 15 dias, o crescimento e a sobrevivência não foram afetados (Tabelas 1 e 2).

Empregando diversas composições de substratos na larvicultura de pacamã, Pedreira et al. (2009) encontraram concentrações de NO_2^- de até 176,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em unidades experimentais, sem biofiltros, e 1,2 $\mu\text{g.L}^{-1}$ quando empregado um biofiltro composto de brita e concha calcária. A concentração de NO_2^- sugerida em SRA, de forma geral, é de até 1 mg.L^{-1} , dependendo do tempo de exposição e da presença de cloro, que inibe sua absorção (Timmons et al., 2009).

Com relação ao nitrato (NO_3^-), foi registrado efeito ($P < 0,05$) dos SRA, exceto no 12º dia, e da frequência de troca de água ($P < 0,05$) no 6º dia (Tabela 7). Independente da frequência de troca de água, a menor concentração de NO_3^- foi verificada para o SRA-Bio. O NO_3^- é o composto nitrogenado menos tóxico para os peixes e há registro de tolerâncias de até 1000 mg.L^{-1} , embora sugira-se, por segurança, concentrações de até 400 mg.L^{-1} (Timmons et al., 2009). Foi verificada uma menor variabilidade nas concentrações de NO_3^- no SRA-Bio, demonstrando maior estabilidade deste em relação ao SRA-Are e SRA-Cer. Desta forma, os valores registrados no presente estudo, nos diferentes SRA, ficaram bem abaixo dos recomendados pela literatura, não sendo um agravante na larvicultura de pacamã.

Comparando-se os resultados de NO_2^- e NO_3^- (Tabelas 6 e 7), observou-se que o NO_3^- apresentou concentrações mais elevadas que o NO_2^- , indicando que o processo de nitrificação ocorreu de maneira eficiente, uma vez que o NO_2^- é o composto intermediário entre NH_3 e NO_3^- (Chen et al., 2006). Observou-se níveis crescentes de NO_3^- em todos SRA ao longo do experimento, resultado semelhante ao encontrado por Pedreira et al. (2009).

O CO_2 sofreu efeito ($P < 0,01$) dos SRA em todas as amostragens, e das frequências de troca de água ($P < 0,05$) no 6º e 15º dia (Tabela 8). Para espécies mais resistentes a condições adversas de qualidade da água, como o pacamã, é sugerida uma concentração de CO_2 máxima de 60 mg.L^{-1} (Timmons et al., 2009). Essa condição foi registrada no 9º dia para SRA-Bio, o qual foi menos eficiente no controle de CO_2 em relação ao SRA-Are e SRA-Cer. No geral, foi observada uma tendência de redução da presença de CO_2 ao longo do experimento em todos os SRA e frequências testadas. Segundo Eding et al. (2006), em relação a outros tipos de biofiltros, os percolados possuem a vantagem de remover o CO_2 através do processo de degaseificação, o que não foi observado no presente trabalho.

A principal fonte de CO_2 em sistemas de cultivo é a respiração dos peixes. Bases de comparação de qualidade de água para CO_2 em SRA pode se constituir numa tarefa complexa

(Colt, 2006). Porém, existe uma relação direta entre CO₂ e pH, cujo acréscimo de CO₂ no sistema tende a reduzir o pH (Baldisserotto, 2009), o que explica em parte os baixos valores encontrados.

Conclusões

- 1- Os sistemas de recirculação de água (SRA) utilizados são eficientes para o processo de nitrificação e não influenciam os índices de desempenho zootécnico na larvicultura de pacamã;
- 2- As frequências de troca de água são determinantes nos índices de desempenho zootécnico na larvicultura de pacamã, cujo fluxo de 10 L.h⁻¹ proporciona melhores resultados.

Agradecimentos

Ao convênio CEMIG GT-CODEVASF e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. Ao corpo funcional da CODEVASF, bem como aos docentes e funcionários do PPG-RPAq e do Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE.

Referências

- ALTINOK, I.; GRIZZLE, J.M. Excretion of ammonia and urea by phylogenetically diverse fish species in low salinities. **Aquaculture**, v.238, p.499-507, 2004.
- ARANA, V. L. **Qualidade da água em aquicultura: princípios e práticas**. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 2010. 238p.
- AL-HAFEDH, Y.S.; ALAM, A.; ALAM, M.A. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquacultural Engineering**, v.29, p.139-154, 2003.

- 295 BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes Aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. da
296 UFSM. 2009. 352p.
- 297 BALDISSEROTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa
298 Maria: Ed. da UFSM. 2005. 470p.
- 299 BRAUN, N.; LIMA, R. L de.; MORAES, B.; LORO, V.L. Survival, growth and Biochemical
300 parameters of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), juveniles exposed to
301 different dissolved oxygen levels. **Aquaculture Research**, v.37, p.1524-1531, 2006.
- 302 CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. **Sobrevivência e crescimento de larvas de**
303 **surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades**
304 **de estocagem**. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá, v. 28, n. 2, p. 231-237, 2006.
- 305 CARDOSO, E.L.; CHIARINI-GARCIA, H.; FERREIRA, R.M.A.; POLI, C.R. Morphological
306 changes in the gills of *Lophiosilurus alexandri* exposed to un-ionized ammonia. **Journal of**
307 **Fish Biology**, v.49, p.778-787, 1996.
- 308 CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J-P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by
309 water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.179-197, 2006.
- 310 COLT, J.; LAMOUREUX, J.; PATTERSON, R.; ROGERS, G. Reporting standards for
311 biofilter performance studies. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.377-388, 2006.
- 312 DAVISON, W. The effects of exercise training on teleost fish, a review of recent literature.
313 **Comparative Biochemical Physiology**, v.117A, p. 67-75, 1997.
- 314 EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the
315 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-
316 nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**. v.257, 346–358, 2006.
- 317 EDING, E. H.; KAMSTRA, A.; VERRETH, J. A. J.; HUISMAN, E. A.; KLAPWIJK, A.
318 Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review.
319 **Aquacultural Engineering**. v.34, p.234-260, 2006.

- 320 GUTIERREZ-WING, M.T.; MALONE, R.F. Biological filters in aquaculture: Trends and
321 research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering**, v.34,
322 p.163-171, 2006.
- 323 LEKANG, O.I.; KLEPPE, H. Efficiency of nitrification in trickling filters using different
324 filter media. **Aquacultural Engineering**, v.21, p.181-199, 2000.
- 325 LOPES, J.M.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish
326 larvae exposed to water pH. **Aquaculture International**, v.9, p.73-80, 2003.
- 327 LUZ, R.K.; FERRERIRA, A.A.; REYNALTE-TATAJE, D.; MAFEZZOLLI, G.; ZANIBONI
328 FILHO, E. Larvicultura de dourado (*Salminus maxillosus*, Valenciennes, 1849), nos primeiros
329 dias de vida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11, 2000.
330 Florianópolis. Anais. Florianópolis/SC. 2000. não paginado, CD ROM.
- 331 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do
332 pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.903-909, 2008a.
- 333 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Avaliação da tolerância de larvas de pacamã *Lophiosilurus*
334 *alexandri* Steindachner, 1877 (Pices:Siluriformes) a diferentes salinidades. **Acta**
335 **Scientiarum. Biological Sciences**, v.30, p.13-19, 2008b.
- 336 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; TEIXEIRA, E.A. Effect of water flow rate
337 and feed training on “pacamã” (Siluriforme:Pseudopimelodidae) juvenile production.
338 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.973-979, 2011.
- 339 LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandiamarelo *Pimelodus maculatus*
340 *Lacépède*, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos
341 primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 560-565,
342 2002.

- 343 MACKERETH, F. J. H., HERON, J. & TALLING, J. F. Water analysis: Some revised
344 methods for limnologists. **Freshwater Biological Association**. Scient. Publ. No. 36, 120p.,
345 1978.
- 346 MERINO, G.E.; PIEDRAHITA, R.H.; CONKLIN. D.E. Effect of water velocity on the
347 growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles. **Aquaculture**, v.271,
348 p.206-215, 2007.
- 349 OZÓRIO, R.O.A.; AVNIMELECH, Y.; CASTAGNOLLI, N. Sistemas intensivos fechados
350 de produção de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSI, D.M.;
351 CASTAGNOLLI, N. (Eds). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical**
352 **intensiva**. Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, São Paulo: TecArt, p.7-
353 24, 2004.
- 354 PEDREIRA, M.M.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V.; FERREIRA, F.N.; SILVA, J.L.
355 Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista**
356 **Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1144-1150, 2008.
- 357 PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V.; SILVA, R.S.F.
358 Biofiltração da água e tipos de substrato na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária**
359 **Brasileira**, v.44, p.511-518, 2009.
- 360 SANTOS, J.C.E.; LUZ, R.K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma*
361 *corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v.287,
362 p.324-328, 2009.
- 363 TENÓRIO, R.A.; SANTOS, A.J.G.; LOPES, J.P.; NOGUEIRA, E.M.S. Crescimento do
364 niquim (*Lophiosilurus alexandri* Steindachner 1876), em diferentes condições de
365 luminosidade e tipos de alimentos. **Acta Scientiarum**, v.28, p.305-309, 2006.
- 366 TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M.; PIEDRAHITA, R. H. **Acuicultura en Sistemas de**
367 **Recirculación**. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2009. 959p.

368 ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5th edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010.
369 944p.
370

371

Tabelas

372 **Tabela 1.** Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de crescimento total (CT) e peso
 373 total (PT) na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de
 374 água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F					
	CT - 5 dias (mm)	PT - 5 dias (mg)	CT - 10 dias (mm)	PT - 10 dias (mg)	CT - 15 dias (mm)	PT - 15 dias (mg)
SRA	0,63ns	0,05ns	1,05ns	0,53ns	0,47ns	0,19ns
Frequência	9,23**	32,52**	43,52**	90,09**	120,1**	162,7**
Interação	0,60ns	2,67ns	1,2ns	0,5ns	0,44ns	0,52ns
CV (%)	6,40	22,65	11,03	33,08	14,97	43,22
SRA						
SRA-Are	15,82 $\pm$ 0,54	53,55 $\pm$ 6,88	17,75 $\pm$ 1,08	129,95 $\pm$ 30,72	20,37 $\pm$ 2,18	176,10 $\pm$ 61,00
SRA-Bio	15,89 $\pm$ 0,83	54,18 $\pm$ 10,40	17,68 $\pm$ 1,71	125,54 $\pm$ 36,35	19,94 $\pm$ 2,66	171,42 $\pm$ 68,34
SRA-Cer	15,52 $\pm$ 1,04	53,37 $\pm$ 13,06	17,19 $\pm$ 1,84	122,61 $\pm$ 36,51	20,14 $\pm$ 2,65	170,33 $\pm$ 67,56
Frequência						
F1	16,31 $\pm$ 0,64a	63,63 $\pm$ 4,05a	19,31 $\pm$ 0,55a	174,45 $\pm$ 14,16a	23,56 $\pm$ 0,35a	265,40 $\pm$ 13,11a
F4	16,03 $\pm$ 0,38a	56,63 $\pm$ 4,94a	17,91 $\pm$ 0,54b	125,03 $\pm$ 7,70b	20,20 $\pm$ 0,66b	163,63 $\pm$ 18,17b
F8	14,90 $\pm$ 0,76b	40,83 $\pm$ 8,42b	15,40 $\pm$ 1,18c	78,62 $\pm$ 16,41c	16,69 $\pm$ 1,14c	88,82 $\pm$ 19,11c

375 ⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de
 376 probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*),
 377 SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total
 378 do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

379 **Tabela 2.** Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de taxa de crescimento específico
 380 diária, sobrevivência na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de
 381 troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F			
	TCE - 5 dias (%.d ⁻¹)	TCE - 10 dias (%.d ⁻¹)	TCE - 15 dias (%.d ⁻¹)	Sobrevivência ⁽²⁾ (%)
SRA	0,57ns	0,92ns	0,28ns	0,49ns
Frequência	101,7**	77,24**	87,59**	8,87**
Interação	0,50ns	0,83ns	0,13ns	0,42ns
CV (%)	29,08	22,39	24,72	2,95
SRA				
SRA-Are	5,81 $\pm$ 0,92	11,54 $\pm$ 1,64	13,27 $\pm$ 2,45	97,42 $\pm$ 2,51
SRA-Bio	5,81 $\pm$ 1,42	11,10 $\pm$ 2,16	12,86 $\pm$ 2,86	97,83 $\pm$ 2,22
SRA-Cer	5,62 $\pm$ 1,78	10,96 $\pm$ 2,20	13,10 $\pm$ 2,66	96,67 $\pm$ 2,22
Frequência				
F1	7,04 $\pm$ 0,44a	13,76 $\pm$ 0,54a	16,58 $\pm$ 0,33a	98,83 $\pm$ 1,42a
F4	6,26 $\pm$ 0,58a	11,55 $\pm$ 0,41b	13,30 $\pm$ 0,73b	98,33 $\pm$ 1,17a
F8	3,95 $\pm$ 1,29b	8,28 $\pm$ 1,30c	9,34 $\pm$ 1,44c	94,75 $\pm$ 2,42b

382 ⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de
 383 probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*),
 384 SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total
 385 do tanque por hora. ⁽²⁾Para as análises estatísticas, os dados foram transformados em arc sen (x/100)^{0,5}. ns - não-
 386 significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 3 - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de pH e Sólidos dissolvidos totais (SDT), na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F	
	pH	SDT (mg.L ⁻¹)
SRA	95,61**	4523**
Frequência	1,11ns	1,93ns
Interação	0,09ns	0,64ns
CV (%)	1,75	5,55
SRA		
SRA-Are	6,23 $\pm$ 0,02c	98 $\pm$ 0,2c
SRA-Bio	6,47 $\pm$ 0,03a	112 $\pm$ 0,1a
SRA-Cer	6,30 $\pm$ 0,05b	103 $\pm$ 0,1b
Frequência		
F1	6,35 $\pm$ 0,10	105 $\pm$ 5,0
F4	6,33 $\pm$ 0,10	105 $\pm$ 5,5
F8	6,32 $\pm$ 0,09	105 $\pm$ 5,1

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*), SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4 - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de alcalinidade (mg.L⁻¹ CaCO₃) aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias de larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F				
	Alcalinidade				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
SRA	8,45**	659,1**	253,6**	138,1**	21,38**
Frequência	1,89ns	0,67ns	0,79ns	0,14ns	4,23*
Interação	0,58ns	0,13ns	0,39ns	0,04ns	1,32ns
CV (%)	7,21	19,67	83,83	103,56	50,87
SRA					
SRA-Are	24,23 $\pm$ 0,81ab	21,39 $\pm$ 0,74c	7,28 $\pm$ 0,69b	3,60 $\pm$ 0,86b	3,38 $\pm$ 0,79a
SRA-Bio	25,86 $\pm$ 1,27a	32,36 $\pm$ 0,31a	31,41 $\pm$ 4,29a	28,85 $\pm$ 4,82a	2,36 $\pm$ 0,76b
SRA-Cer	23,10 $\pm$ 1,31b	22,71 $\pm$ 0,51b	5,48 $\pm$ 1,31b	3,31 $\pm$ 0,69b	1,25 $\pm$ 0,38c
Frequência					
F1	23,94 $\pm$ 0,11	25,39 $\pm$ 0,38	15,23 $\pm$ 0,92	12,42 $\pm$ 0,93	2,75 $\pm$ 0,08a
F4	23,28 $\pm$ 0,11	25,71 $\pm$ 0,38	13,78 $\pm$ 0,89	11,85 $\pm$ 0,98	2,23 $\pm$ 0,07ab
F8	24,98 $\pm$ 0,11	25,37 $\pm$ 0,38	15,15 $\pm$ 0,97	11,50 $\pm$ 0,91	1,98 $\pm$ 0,08b

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*), SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 5 - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de íon amônio (mg.L^{-1}) aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias de larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F				
	Íon amônio				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
SRA	151,3**	34,05**	1279**	82,13**	18,87**
Frequência	1,36ns	0,02ns	0,15ns	3,55*	1,20ns
Interação	0,16ns	1,66ns	0,34ns	2,68ns	1,05ns
CV (%)	13,29	9,09	57,55	13,83	25,75
SRA					
SRA-Are	1,25 $\pm$ 0,05b	2,18 $\pm$ 0,07b	1,12 $\pm$ 0,09b	3,62 $\pm$ 0,14b	5,68 $\pm$ 0,67a
SRA-Bio	1,52 $\pm$ 0,02a	2,50 $\pm$ 0,07a	3,51 $\pm$ 0,11a	4,72 $\pm$ 0,25a	3,95 $\pm$ 0,58b
SRA-Cer	1,14 $\pm$ 0,04c	2,59 $\pm$ 0,13a	1,23 $\pm$ 0,11b	3,67 $\pm$ 0,15b	6,25 $\pm$ 0,42a
Frequência					
F1	1,32 $\pm$ 0,15	2,43 $\pm$ 0,21	1,95 $\pm$ 1,92	3,95 $\pm$ 0,40ab	5,32 $\pm$ 0,84
F4	1,31 $\pm$ 0,15	2,42 $\pm$ 0,21	1,97 $\pm$ 1,03	4,07 $\pm$ 0,59a	5,58 $\pm$ 1,02
F8	1,28 $\pm$ 0,16	2,42 $\pm$ 0,17	1,94 $\pm$ 1,06	3,82 $\pm$ 0,30b	4,98 $\pm$ 1,51

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*), SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 6 - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de nitrito (mg.L^{-1}) aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias de larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F				
	Nitrito				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
SRA	234,2**	142,5**	162,1**	84,73**	-
Frequência	2,65ns	3,60*	0,65ns	0,28ns	-
Interação	1,73ns	2,01ns	0,023ns	0,23ns	-
CV (%)	36,34	16,79	44,98	87,58	33,53
SRA					
SRA-Are	0,19 $\pm$ 0,02a	1,10 $\pm$ 0,05a	-	-	-
SRA-Bio	-	-	0,49 $\pm$ 0,05b	3,64 $\pm$ 0,91a	5,71 $\pm$ 0,63
SRA-Cer	0,09 $\pm$ 0,01b	0,81 $\pm$ 0,03b	1,19 $\pm$ 0,13a	0,21 $\pm$ 0,03b	-
Frequência					
F1	0,14 $\pm$ 0,04	0,92 $\pm$ 0,13b	0,82 $\pm$ 0,36	2,38 $\pm$ 1,86	5,55 $\pm$ 0,54
F4	0,14 $\pm$ 0,05	0,95 $\pm$ 0,17ab	0,89 $\pm$ 0,35	2,12 $\pm$ 1,62	4,93 $\pm$ 0,70
F8	0,16 $\pm$ 0,06	0,99 $\pm$ 0,15a	0,82 $\pm$ 0,34	2,01 $\pm$ 1,70	4,99 $\pm$ 0,71

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*), SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 7 - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de nitrato (mg.L^{-1}) aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias de larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F				
	Nitrato				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
SRA	379,6**	1861**	4,34*	1,40ns	19,42**
Frequência	3,36ns	4,47*	0,45ns	0,22ns	0,52ns
Interação	0,27ns	4,29**	0,66ns	0,28ns	0,88ns
CV (%)	23,98	59,21	115,59	106,55	32,25
SRA					
SRA-Are	0,93 $\pm$ 0,06b	6,53 $\pm$ 0,34	10,79 $\pm$ 10,29ab	5,96 $\pm$ 4,70	31,04 $\pm$ 4,85a
SRA-Bio	-	0,83 $\pm$ 0,06	2,22 $\pm$ 0,29b	3,36 $\pm$ 0,60	19,27 $\pm$ 4,32b
SRA-Cer	1,47 $\pm$ 0,06a	6,42 $\pm$ 0,19	12,98 $\pm$ 10,82a	7,68 $\pm$ 6,37	35,14 $\pm$ 4,29a
Frequência					
F1	1,16 $\pm$ 0,29	4,45 $\pm$ 2,38	10,77 $\pm$ 10,22	4,72 $\pm$ 2,74	28,84 $\pm$ 6,19
F4	1,19 $\pm$ 0,26	4,56 $\pm$ 2,55	7,78 $\pm$ 8,13	6,30 $\pm$ 4,98	29,61 $\pm$ 7,52
F8	1,24 $\pm$ 0,27	4,76 $\pm$ 2,60	7,43 $\pm$ 8,15	6,01 $\pm$ 4,31	26,99 $\pm$ 8,58

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*), SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 8 - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de dióxido de carbono (mg.L^{-1}) aos 3, 6, 9, 12 e 15 dias de larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em diferentes frequências de troca de água e sistemas de recirculação de água (SRA)⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F				
	Dióxido de carbono (CO_2)				
	3 dias	6 dias	9 dias	12 dias	15 dias
SRA	7,73**	395**	211,7**	52,97**	23,64**
Frequência	2,39ns	5,28*	0,71ns	0,14ns	4,43*
Interação	0,64ns	1,16ns	0,87ns	0,11ns	1,56ns
CV (%)	7,23	17,72	58,19	71,78	55,69
SRA					
SRA-Are	29,0 $\pm$ 1,1a	31,1 $\pm$ 0,9b	25,0 $\pm$ 2,5b	19,1 $\pm$ 2,7b	15,2 $\pm$ 3,6a
SRA-Bio	29,5 $\pm$ 1,5a	44,6 $\pm$ 0,9a	60,1 $\pm$ 3,2a	49,5 $\pm$ 10,2a	14,8 $\pm$ 4,1a
SRA-Cer	26,9 $\pm$ 1,5b	32,2 $\pm$ 1,5b	16,8 $\pm$ 5,1c	11,9 $\pm$ 2,1b	4,5 $\pm$ 1,3b
Frequência					
F1	27,9 $\pm$ 1,3	35,0 $\pm$ 5,7b	34,5 $\pm$ 17,3	27,5 $\pm$ 1,3	13,6 $\pm$ 5,8a
F4	28,1 $\pm$ 1,6	36,1 $\pm$ 5,7a	32,5 $\pm$ 17,3	25,6 $\pm$ 1,4	12,0 $\pm$ 4,7a
F8	29,3 $\pm$ 1,6	36,7 $\pm$ 5,7a	35,0 $\pm$ 17,8	25,8 $\pm$ 1,2	9,5 $\pm$ 5,2b

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; SRA-Are – biofiltro de areia fluidizada, SRA-Bio – biofiltro percolado com biobola (*bioballs*), SRA-Cer – biofiltro percolado com anéis de cerâmica; F1, F4 e F8 – uma, quatro e oito trocas do volume total do tanque por hora. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

4. 2 - Artigo científico II

Artigo científico a ser encaminhado a Revista:
[Pesquisa Agropecuária Brasileira].

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as estabelecidas pela referida revista (em anexo).

**Manejo alimentar e densidade de estocagem na larvicultura
de pacamã em sistema de recirculação de água**

José Cláudio Epaminondas dos Santos^(1,4), Ronald Kennedy Luz⁽²⁾, Daiane Kelly Alves Pereira⁽³⁾ e Eudes de Souza Correia⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Caixa postal 11, CEP: 39205-000 Três Marias, MG. E-mail: jose.claudio@codevasf.gov.br

⁽²⁾ Laboratório de Aquicultura da Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6627, CEP: 31270-901 Belo Horizonte, MG. E-mail luzrk@yahoo.com

⁽³⁾ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Departamento de Zootecnia. Campus JK, Rodovia MGT 367, Km583, nº 5000, Alto da Jacuba, CEP: 39.100-000 Diamantina, MG. E-mail: dayanekelly_98@hotmail.com

⁽⁴⁾ Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP: 50.090-090 Recife, PE. E-mail: ecorreia@depaq.ufrpe.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes frequências de alimentação (FA), taxas de alimentação (TA) e densidades de estocagem (DE) na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri* em sistema de recirculação de água (SRA). Foram realizados dois experimentos. No experimento 1, foram testadas três FA diárias: uma (FA1), duas (FA2) e quatro vezes ao dia (FA4), através de um delineamento inteiramente casualizado. Foi utilizada uma DE de 10 larvas L⁻¹. No experimento 2, foram testadas três DE: 10 (DE10), 15 (DE15) e 20 (DE20) larvas L⁻¹; e duas TA: 0,5 (TA50) e 1 (TA100) grama de náuplios de *Artemia* por grama de

peixe por dia, em esquema fatorial. O período dos experimentos foi de 15 dias cada. No experimento 1, a FA apresentou efeito ($P < 0,05$) no comprimento no 15º dia, com menores valores para FA1. Com relação ao peso, no 10º e 15º dia, os maiores valores foram para FA4. A sobrevivência foi semelhante ($P > 0,05$) entre as diferentes FA. No experimento 2, o comprimento apresentou efeito ($P < 0,05$) somente da TA. Os maiores valores foram registrados para TA100. Fato semelhante foi verificado para peso. A sobrevivência sofreu influência ($P < 0,05$) apenas da DE. Na larvicultura de *L. alexandri* em SRA, deve-se adotar a FA4 e TA100 para qualquer das densidades de estocagem testadas.

Termos para indexação: biofiltração; compostos nitrogenados; frequência alimentar; índices de desempenho, peixe carnívoro; *Lophiosilurus alexandri*.

Feeding management and stocking density in “pacamã” larviculture in a water recirculation system

Abstract – This study aimed at evaluating different feeding frequencies (FA), feeding rates (TA) and stocking densities (DE) in the larviculture of *Lophiosilurus alexandri* in a water recirculation system (WRS). Two experiments were conducted. In experiment 1, three daily FAs were tested: once (FA1), twice (FA2) and four times a day (FA4), using a completely randomized design. A DE of the 10 larvae L^{-1} was used. In experiment 2, three DEs were tested: 10 (DE10), 15 (DE15) and 20 (DE20) larvae L^{-1} ; and two TAs: 0.5 (TA50) and 1 (TA100) gram of Artemia nauplii per gram of fish per day, in a factorial design. Each experiment lasted 15 days. In experiment 1, the FA had an effect ($P < 0.05$) in length at day 15, with lower values for FA1. In weight, at days 10 and 15, the highest values were for FA4. Survival was similar ($P > 0.05$) among different FAs. In experiment 2, length was affected ($P < 0.05$) only by TA. The highest values were recorded for TA100. A similar situation was observed for weight. Survival was influenced ($P < 0.05$) only by DE. In larviculture of *L. alexandri* in WRS, FA4 and TA100 should be adopted for any of the stocking densities tested.

Terms for indexing: bio-filtration; nitrogenous compounds; feeding frequency; performance indices; carnivorous fish; *Lophiosilurus alexandri*.

Introdução

Grande parte do pescado produzido no Brasil é representada pela tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pelo camarão cinza marinho (*Litopennaeus vannamei*), ambas exóticas, muito embora o comércio de peixes nativos capturados em águas interiores venha apresentando nítido crescimento (Infopesca, 2010; MPA, 2010). Neste contexto, espécies nativas, sobretudo autóctones, vêm sendo alvo de pesquisas visando ampliar o conhecimento de aspectos biológicos básicos, até a determinação de manejos de criação e alimentação adequados, visando à obtenção de tecnologia de produção para as mesmas.

Dentre as espécies autóctones, o pacamã *Lophiosilurus alexandri*, peixe nativo da bacia do rio São Francisco, de hábito alimentar carnívoro e que apresenta sabor apreciado, vem recebendo atenção em vários aspectos de sua produção (Pedreira et al., 2008; Luz & Santos, 2008a; Luz & Santos, 2008b; Pedreira et al., 2009; Santos & Luz, 2009; Luz et al., 2011).

Estudos sobre manejos a serem adotados nas fases iniciais são fundamentais para assegurar a disponibilidade de juvenis para as etapas seguintes da cadeia produtiva. Dentre esses manejos, a frequência alimentar e a quantidade diária de alimento são importantes por afetarem o crescimento e a sobrevivência das larvas (Rabe & Brown, 2000; Luz & Portella, 2005; Canton et al., 2007; Giménez & Estévez, 2008; Santos & Luz, 2009; Santos et al., 2012). Além disso, a frequência de alimentação quando administrada corretamente pode aumentar o consumo, diminuir o comportamento agressivo e reduzir a variação de tamanho da população (Wang et al., 1998), além de otimizar os manejos no laboratório (Luz & Portella, 2005).

A densidade de estocagem também é um manejo importante na larvicultura de peixes, por afetar a sobrevivência (Luz & Zaniboni Filho, 2002; Campagnolo & Nuñez, 2006) e o crescimento (Bolasina et al., 2006; Santos & Luz, 2009), além disso, densidades inadequadas podem levar à subutilização do espaço disponível para a criação ou prejudicar a qualidade da água (Jobling, 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes frequências e taxas de alimentação, e densidades de estocagem na larvicultura de pacamã *L. alexandri* em sistema de recirculação de água (SRA).

Material e métodos

Local e procedência das larvas de pacamã

O experimento foi realizado no Laboratório de Larvicultura do Centro Integrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Três Marias (1ª/CIT), que pertence à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), em Três Marias, Minas Gerais, Brasil, durante o período de novembro de 2013 a janeiro de 2014.

Larvas de pacamã foram oriundas do Laboratório de Aquicultura da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, obtidas através de desova natural em tanques circulares de lona plástica. A eclosão das larvas ocorreu dois dias após a desova a uma temperatura de 28°C. As larvas eclodidas foram estocadas em caixas plásticas, com água corrente, até a abertura da boca (sete dias), na mesma temperatura da incubação.

Sistema de recirculação de água (SRA)

O experimento foi realizado em SRA, composto por tanques circulares brancos (10 L cada), e um reservatório com 50 litros de volume útil. A quantidade de tanques usados variou conforme o experimento e está indicada abaixo. O efluente dos tanques era conduzido por

gravidade ao reservatório num sistema de escoamento comum para tratamento. Um filtro mecânico de lã acrílica foi instalado na entrada do reservatório, para reduzir os sólidos decantáveis e em suspensão. Ainda no reservatório, aquecedores com termostato, soprador e difusores, foram utilizados como estruturas auxiliares, para controle da temperatura em 28 °C e oxigenação da água acima de 5 mg L⁻¹. O retorno da água tratada foi realizado através de um sistema de abastecimento com bomba hidráulica (4500 L h⁻¹). Cada unidade de criação foi dotada de controle próprio de entrada e saída de água.

O biofiltro utilizado foi do tipo percolado, utilizando-se biobolas como meio filtrante, com área superficial específica de 500 m² m⁻³, e 8,5 L de volume útil de filtração. Este foi instalado no reservatório e uma bomba hidráulica (2000 L h⁻¹) promoveu a circulação da água do reservatório pelo biofiltro, a uma taxa de carga hidráulica de 350 m³.m⁻² dia⁻¹. Para formação da película bacteriana, os meios filtrantes foram deixados submersos por mais de 90 dias, com fornecimento semanal de 30 g de ração comercial (28 % PB) e oxigenação constante. O biofiltro foi calculado conforme a taxa de alimentação, segundo os critérios descritos por Timmons et al. (2009).

Para avaliar o melhor manejo alimentar e densidade de estocagem na larvicultura de pacamã em sistema recirculação de água foram realizados dois experimentos.

1º Experimento: Frequência de alimentação na larvicultura de pacamã em SRA

Este experimento foi realizado num SRA constituído por 12 unidades experimentais (tanques circulares brancos). As larvas foram estocadas com 14,79±0,98 mm de comprimento total e 26,50±4,30 mg de peso total.

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), onde foram testadas três frequências de alimentação diária, com quatro réplicas cada, a saber: uma

vez ao dia (FA1), fornecida às 7:00 h; duas vezes ao dia (FA2), às 7:00 e 16:00 h, e quatro vezes ao dia (FA4), às 7:00, 10:00, 13:00 e 16:00 h.

O período do experimento foi de 15 dias. Foi utilizada uma densidade de estocagem de 10 larvas L⁻¹ e fotoperíodo de 10 horas luz e 14 horas escuro. A alimentação constou de náuplios de artêmia, na proporção de um grama de náuplios por grama de larva por dia. A concentração de náuplios foi acrescida a cada cinco dias, conforme os resultados das biometrias. Os náuplios foram eclodidos em água salinizada a 30 g L⁻¹, temperatura a 28°C e luminosidade de 2000 lux. A biomassa formada pelos náuplios coletados foi estocada em vasilhas plásticas e mantida sob-refrigeração.

2º Experimento: Taxa de alimentação e densidade de estocagem na larvicultura de pacamã em SRA

Neste experimento, utilizou-se um SRA composto por 24 unidades experimentais (tanques circulares brancos). As larvas foram estocadas com 15,61±0,85 mm de comprimento total e 27,90±3,60 mg de peso total.

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), onde foram testadas três densidades de estocagem e duas taxas de alimentação diária, com quatro réplicas cada, num arranjo fatorial 3 × 2. Com relação à densidade, foram utilizados os seguintes tratamentos: 10 larvas por litro (DE10), 15 larvas por litro (DE15) e 20 larvas por litro (DE20). Quanto às taxas de alimentação foram empregados os seguintes tratamentos: meio grama de náuplios por grama de peixe por dia, ou seja, 50 % do peso total (TA50), e um grama de náuplios por grama de peixe por dia, ou seja, 100 % do peso total (TA100). A concentração de náuplios foi acrescida a cada cinco dias conforme os resultados das biometrias. O Tratamento TA50 foi testado para avaliar a possibilidade de redução do uso de náuplios de artêmia.

Com base nos resultados do experimento 1, foi utilizada a frequência alimentar de quatro vezes por dia. O período do experimento foi de 15 dias e fotoperíodo de 10 horas luz e 14 horas escuro. A artêmia foi eclodida e armazenada como descrita no experimento 1.

Variáveis analisadas

Nos dois experimentos, a qualidade da água foi monitorada através do pH e dos sólidos dissolvidos totais (STD). Estas variáveis foram monitoradas diariamente, pela manhã e à tarde, utilizando-se um aparelho multiparâmetro (HORIBA U22). Outras variáveis verificadas foram: alcalinidade (método potenciométrico); íon amônio, nitrito e nitrato (cromatografia iônica); e dióxido de carbono (Mackereth et al., 1978). Amostras de água para determinar estas variáveis foram tomadas sempre pela manhã, a cada cinco dias do experimento e analisadas em laboratório. O monitoramento, assim como a coleta de água, foi realizado em todas as unidades experimentais.

Os índices de desempenho zootécnicos verificados foram: comprimento total (CT), peso total (PT) e taxa de crescimento específico diário (TCE). Para tanto, foi realizada biometria inicial com 20 indivíduos do grupo de animais utilizados no experimento. Após o início do experimento foram realizadas biometrias a cada cinco dias, utilizando-se cinco peixes de cada unidade experimental. Na biometria final, utilizou-se 10 animais. Para todas as biometrias, os animais foram submetidos a um resfriamento para o abate e, posteriormente, foram medidos com auxílio de paquímetro digital ($\pm 0,01$ mm) e pesados em balança analítica ($\pm 0,0001$ g). Com o peso total médio inicial (PTi) e peso total médio final (PTf) foi calculada a taxa de crescimento específico: $TCE (\% \text{ peso vivo} \cdot \text{dia}^{-1}) = 100(\ln PTf - \ln PTi)/T$, considerando-se T o período em dias entre amostragens. Ao término do experimento foi determinada a sobrevivência.

Análise estatística

Os resultados dos índices zootécnicos foram submetidos à ANOVA Uma Via (1º experimento) e ANOVA Duas Vias (2º experimento) (ZAR, 2010). Constatando-se diferença entre as médias, foi aplicado o teste Tukey, ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas através do programa estatístico GraphPad Prism 6.0.

Resultados e discussão

1º Experimento: Frequência de alimentação na larvicultura de pacamã em SRA

As variáveis de qualidade de água monitoradas estiveram dentro do limite sugerido por Timmons et al. (2009) para SRA e registraram-se baixa variação, sobretudo para os compostos nitrogenados, que são limitantes do crescimento. Os compostos nitrogenados apresentaram as seguintes concentrações: $0,078 \pm 0,022 \text{ mg L}^{-1}$, para o íon amônio; $0,065 \pm 0,026 \text{ mg L}^{-1}$, para o nitrito; e $1,75 \pm 0,39 \text{ mg L}^{-1}$ para o nitrato. O pH foi $6,9 \pm 0,2$, e o SDT ficou em $117 \pm 1 \text{ mg L}^{-1}$. A alcalinidade apresentou uma concentração média de $39,4 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$ de CaCO_3 , enquanto a de CO_2 foi $15,6 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$.

A frequência alimentar apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) no comprimento total no 15º dia de experimento, com menores valores para FA1 (Tabela 1). Com relação ao peso, no 10º e no 15º dia de experimento, os maiores valores foram para a maior frequência de alimentação testada (FA4). Com relação à taxa de crescimento específico (TCE) e sobrevivência, não se verificou efeito significativo ($P > 0,05$) da frequência alimentar.

Para o trairão *Hoplias lacerdae*, espécie carnívora como o pacamã, a alimentação das larvas durante os primeiros 15 dias de alimentação exógena em duas, três ou quatro vezes ao dia não afetou o crescimento e sobrevivência das larvas, com o pior desempenho para a frequência de uma vez ao dia (Luz & Portella, 2005a). Para o cascudo preto *Rhinelepis aspera*, espécie bentônica, porém de hábito alimentar detritívoro, a frequência alimentar de

duas e quatro vezes ao dia, usando náuplios de artêmia como alimento proporcionou peso e sobrevivência semelhantes, porém, o comprimento foi superior para animais alimentados duas vezes ao dia, durante os primeiros sete dias de alimentação quando mantidos em diferentes salinidades da água (Luz & Santos, 2010). Como no presente estudo, diferentes frequências alimentares, também não influenciaram significativamente a sobrevivência de larvas de *Scophthalmus maximus* (Benavenete & Gatesoupe, 1988); a frequência alimentar de uma vez ao dia proporcionou menor crescimento para *Pleuronectes ferrugineus* (Rabe & Brown, 2000); e a frequência de quatro vezes ao dia é a que proporcionou maior crescimento para larvas de *Gobio gobio* (Kestemont & Awaïss, 1989).

Desta forma, fica evidente a importância de estudos para verificar a frequência alimentar mais adequada a ser adotada durante a larvicultura de diferentes espécies de peixes, inclusive de acordo com as fases do crescimento (Bhujel, 2008).

2º Experimento: Taxa de alimentação e densidade de estocagem na larvicultura de pacamã em SRA

Neste experimento, os resultados de qualidade de água foram semelhantes ao anterior e, também, estiveram dentro do limite recomendado por Timmons et al. (2009) para SRA. O pH foi $6,9 \pm 0,4$ e o SDT ficou em 223 ± 7 mg L⁻¹. Quanto aos compostos nitrogenados foram verificadas as seguintes concentrações: $0,034 \pm 0,009$ mg L⁻¹, para o íon amônio; $0,028 \pm 0,010$ mg L⁻¹, para o nitrito; e $0,89 \pm 0,10$ mg L⁻¹ para nitrato. A alcalinidade apresentou uma concentração média de $36,4 \pm 0,5$ mg L⁻¹ de CaCO₃, enquanto a de CO₂ foi $12,1 \pm 0,9$ mg L⁻¹.

Na Tabela 2, são apresentados os dados de peso e comprimento de pacamã, durante 15 dias de larvicultura em diferentes densidades de estocagem e alimentação. O comprimento total apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) somente da taxa de alimentação durante o experimento. Os melhores valores foram registrados para T100. Fato semelhante foi

verificado para o peso aos 10 e 15 dias de larvicultura. A TCE apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) da taxa de alimentação somente aos 15 dias de larvicultura (Tabela 3). Desta forma, a taxa de alimentação demonstrou ser importante durante os primeiros 15 dias de alimentação, onde o maior crescimento está associado à maior taxa de alimentação. Resultados prévios já demonstraram a importância da alimentação no desempenho do pacamã, assim como para pintado *Pseudoplatystoma corruscans* e curimatã-pioa *Prochilodus costatus* (Santos & Luz, 2009), além do cascudo preto *Rhinelepis aspera* (Luz & Santos, 2010), carpa capim *Ctenopharyngodon idella* (Du et al., 2006), tricogaster *Trichogaster trichopterus* (Zuanon et al., 2004) e tambaqui *Colossoma macropomum* (Chagas et al., 2007).

Geralmente, o crescimento de larvas é inversamente proporcional à densidade de estocagem (Luz & Zaniboni Filho, 2002; Andrade et al., 2004; Freitas et al., 2010). Contudo, no presente estudo, foi registrada a ausência de influência da densidade no crescimento dos peixes (Tabela 3). Luz & Santos (2008a) testaram três densidades de estocagem (20, 40, e 60 larvas L^{-1}) e três salinidades (água doce, 2 e 4‰) na larvicultura de pacamã em sistema estático por 10 dias e observaram que o peso e a sobrevivência, foram afetados negativamente pela maior densidade associado a maior salinidade da água. Porém, para água doce e 2‰ de salinidade pode ser empregada qualquer das densidades testadas, indicando potencial para a larvicultura intensiva. Resultados semelhantes, sem efeito da densidade no crescimento também foi relatado na larvicultura de trairão *H. lacerdae* testando as densidades de 10, 30, 60 e 90 larvas L^{-1} (Luz & Portella, 2005b) e na larvicultura de *P. corruscans*, empregando cinco densidades (15, 35, 55, 75 e 95 larvas L^{-1}), com água salinizada (5‰) (Campagnolo & Nuñez, 2006).

A sobrevivência, por outro lado, sofreu influência ($P < 0,05$) apenas da densidade de estocagem, porém com valores próximos, entre 84 e 89% em média para a maior e menor densidade, respectivamente (Tabela 3). Neste trabalho, a sobrevivência foi um pouco menor

que aquela encontrada por Luz & Santos (2008a), que ficou entre 90 e 95%, e sofreu interferência negativa da maior densidade (60 larvas L⁻¹), em larvicultura de pacamã. Em geral, são encontradas altas taxas de sobrevivência (>90%) na larvicultura de pacamã (Luz & Santos, 2008b; Santos & Luz, 2009; Santos et al., 2012). Na larvicultura de outros siluriformes, testando diferentes densidades de estocagem, porém, são observadas baixas taxas de sobrevivência, como do surubim que registrou taxa menor que 52% ao final do cultivo, chegando a menos de 10% na maior densidade (Campagnolo & Nuñez, 2006) e do mandi-amarelo, que ficou abaixo de 50%, atingindo cerca de 20% numa densidade mais alta (Luz & Zaniboni Filho, 2002), mostrando que este manejo deve ser avaliado para as diferentes espécies de siluriformes.

Conclusões

- 1- A frequência alimentar de quatro vezes por dia proporciona um maior peso total do pacamã no final de 15 dias, sem influência na TCE e na sobrevivência;
- 2- A taxa de alimentação de um grama de náuplios por grama de peixe por dia propicia melhor desempenho em comprimento e peso total, e TCE, na larvicultura do pacamã ao final de 15 dias;
- 3- A densidade de estocagem influencia apenas a sobrevivência do pacamã, e não afeta os resultados de crescimento ao final de 15 dias, sugerindo a necessidade de avaliar maiores densidades em SRA;
- 4- Não há interação entre a taxa de alimentação e a densidade de estocagem na larvicultura de pacamã em SRA no período de 15 dias.

Agradecimentos

Ao convênio CEMIG GT-CODEVASF, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros Aquicultura e ao Departamento de Pesca e Aquicultura da UFRPE.

Referências

- ANDRADE, L.S.; HAYASHI, C.; SOUZA, S.R.; SOARES, C.M. Canibalismo entre larvas de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.26, p.299-302, 2004.
- BENAVENTE, G.P.; GATESOUBE, F.J. The continuous distribution of rotifers increases the essential fatty acid reserve of turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. **Aquaculture**, v.72, p.109-114, 1988.
- BHUJEL, R. C. **Statistics for aquaculture**. Singapura: Wiley-Brackwell. 2008. 222p.
- BOLASINA, S.; TAGAWA, M.; YAMASHITA, Y.; TANAKA, M. Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v.259, p.432-443, 2006.
- CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.28, p.231-237, 2006.
- CANTON, R.; WEINGARTNER, M.; FRACALOSSO, D.M.; ZANIBONI FILHO, E. Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.749-753, 2007.
- CHAGAS, E.C.; GOMES, L.C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, v.37, p.1109-1115, 2007.

- 299 DU, Z.; LIU, Y.; TIAN, L.; HE, J.; CAO, J.; LIANG, G. The influence of feeding rate on
300 growth, feed efficiency and body composition of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon*
301 *idella*). **Aquaculture International**, v.14, p.247-257, 2006.
- 302 FREITAS, J.M.A.; SARY, C., FINKLER, J.K.; ZAMINHAM, M.; FEIDEN, A.; BOSCOLO,
303 W.R. Densidade de estocagem de larvas de mandi-pintado (*Pimelodus britskii*). **Revista**
304 **Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.8, p.389-396, 2010.
- 305 GIMÉNEZ, G.; ESTÉVEZ, A. Effect of larval and prey density, prey dose and light
306 conditions on first feeding common dentex (*Dentex dentex* L.) larvae. **Aquaculture**
307 **Research**, v.39, p.77-84, 2008.
- 308 INFOPESCA (2010) Disponível em
309 [http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/proyectos/92/Informe%20Brasilia.](http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/proyectos/92/Informe%20Brasilia.pdf)
310 [pdf](http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/proyectos/92/Informe%20Brasilia.pdf)> Acessado em 21.01.2014.
- 311 JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994.294p.
- 312 KESTEMONT, P.; AWAÏSS, A. Larval rearing of the gudgeon, *Gobio gobio* L., under
313 optimal conditions of feeding with the rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Müller.
314 **Aquaculture**, v.83, p.305-318, 1989.
- 315 LUZ, R.K.; PORTELLA, M.C. Frequência alimentar na larvicultura de trairão (*Hoplias*
316 *lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1442-1448, 2005a
- 317 LUZ, R.K.; PORTELLA, M. C. Diferentes densidades de estocagem na larvicultura do trairão
318 *Hoplias lacerdae*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2005b.
- 319 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do
320 pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.903-909, 2008a.
- 321 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Avaliação da tolerância de larvas de pacamã *Lophiosilurus*
322 *alexandri* Steindachner, 1877 (Pices:Siluriformes) a diferentes salinidades. **Acta**
323 **Scientiarum. Biological Sciences**, v.30, p.13-19, 2008b.

- 324 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Effect of salt addition and feeding frequency on cascudo preto
325 *Rhinelepis aspera* (Pisces: Loricariidae) larviculture. **Journal of Applied Ichthyology**, v.26,
326 p.453-455, 2010.
- 327 LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; TEIXEIRA, E.A. Effect of water flow rate
328 and feed training on “pacamã” (Siluriforme:Pseudopimelodidae) juvenile production.
329 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.973-979, 2011.
- 330 LUZ, R.K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus*
331 *Lacépède*, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos
332 primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.560-565, 2002.
- 333 MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. Water analysis: Some revised methods
334 for limnologists. **Freshwater Biological Association**. Scient. Publ. No. 36, 120p., 1978.
- 335 MPA. Disponível em: < [http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-](http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010)
336 [pesca-e-aquicultura-2010](http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010) >. Acessado em 17 de janeiro de 2014.
- 337 PEDREIRA, M.M.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V.; FERREIRA, F.N.; SILVA, J.L.
338 Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista**
339 **Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1144-1150, 2008.
- 340 PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V.; SILVA, R.S.F.
341 Biofiltração da água e tipos de substrato na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária**
342 **Brasileira**, v.44, p.511-518, 2009.
- 343 RABE, J.; BROWN, J.A. A pulse feeding strategy for rearing larval fish: an experiment with
344 yellowtail flounder. **Aquaculture**, v.191, p.289-302, 2000.
- 345 SANTOS, J.C.E.; LUZ, R.K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma*
346 *corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v.287,
347 p.324-328, 2009.

- 348 SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K. The effects of stocking density, prey
349 concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae)
350 larviculture. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. v.34, p.133-139, 2012.
- 351 TIMMONS, M.B.; EBELING, J.M.; PIEDRAHITA, R.H. **Acuicultura en Sistemas de**
352 **Recirculación**. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2009. 959p.
- 353 WANG, N.; HAYAWARD, R.S.; NOLTIE, D.B. Effect of feeding frequency on food
354 consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish.
355 **Aquaculture**, v.165, p.261-267, 1998.
- 356 ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5th edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010.
357 944p.
- 358 ZUANON, J.A.S; ASSANO, M.; FERNANDES, J.B.K. Desempenho de tricogaster
359 (*Trichogaster trichopterus*) submetido a diferentes níveis de arraçoamento e densidades de
360 estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1639-1645, 2004.
- 361

Tabela 1 – Médias ($\pm$ desvio-padrão) de comprimento total, peso total, taxa de crescimento específico diária (TCE) e sobrevivência na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em três frequências alimentares (FA1, FA2, e FA4) em sistema de recirculação de água (SRA) ⁽¹⁾.

Variáveis	Tratamentos		
	FA1	FA2	FA4
Comprimento total (mm)			
5 dias	16,60 $\pm$ 0,46	16,24 $\pm$ 0,26	16,61 $\pm$ 0,45
10 dias	17,89 $\pm$ 1,24	19,25 $\pm$ 0,40	19,34 $\pm$ 0,75
15 dias	22,77 $\pm$ 0,88b	24,12 $\pm$ 0,31a	24,98 $\pm$ 0,44a
Peso total (mg)			
5 dias	32,84 $\pm$ 2,80	31,52 $\pm$ 0,97	33,40 $\pm$ 3,23
10 dias	55,22 $\pm$ 7,61b	68,07 $\pm$ 3,42ab	71,58 $\pm$ 10,66a
15 dias	97,19 $\pm$ 9,79c	119,0 $\pm$ 7,68b	141,3 $\pm$ 4,21a
TCE (%.dia ⁻¹)			
5 dias	4,218 $\pm$ 1,68	3,438 $\pm$ 0,61	4,533 $\pm$ 2,01
10 dias	10,30 $\pm$ 3,41	15,39 $\pm$ 1,55	15,15 $\pm$ 2,92
15 dias	11,38 $\pm$ 1,59	11,16 $\pm$ 0,95	13,77 $\pm$ 3,16
Sobrevivência (%)	83,0 $\pm$ 5,2	85,8 $\pm$ 4,7	81,8 $\pm$ 2,6

⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade; Frequência de alimentação de uma vez ao dia (FA1), fornecida às 7:00 h; duas vezes ao dia (FA2), às 7:00 e 16:00 h, e quatro vezes ao dia (FA4), às 7:00, 10:00, 13:00 e 16:00 h.

370

371 **Tabela 2** - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de crescimento (CT) e peso total (PT) na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em
 372 sistemas de recirculação de água (SRA) com diferentes taxas de alimentação e densidades de estocagem⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F					
	CT - 5 dias	CT - 10 dias	CT - 15 dias	PT - 5 dias	PT - 10 dias	PT - 15 dias
	(mm)	(mm)	(mm)	(mg)	(mg)	(mg)
Taxa de Alimentação (TA)	6,10*	25,58**	205,30**	4,27ns	35,93**	120,10**
Densidade de Estocagem (DE)	1,02ns	0,41ns	1,18ns	0,52ns	0,30ns	0,79ns
Interação (TA x DE)	0,01ns	1,75ns	0,85ns	0,02ns	0,22ns	0,22ns
CV (%)	4,60	4,87	6,76	18,60	18,58	26,06
Taxa de Alimentação						
TA100	18,08 $\pm$ 0,85a	20,73 $\pm$ 0,75a	24,96 $\pm$ 0,58a	53,07 $\pm$ 10,64	89,17 $\pm$ 10,78a	159,10 $\pm$ 17,51a
TA50	17,31 $\pm$ 0,58b	19,33 $\pm$ 0,61b	22,01 $\pm$ 0,42b	45,41 $\pm$ 5,49	66,31 $\pm$ 5,92b	98,30 $\pm$ 25,43b

Densidade de Estocagem

DE10	17,50±0,72	20,19±1,22	23,57±1,46	48,26±8,03	77,94±15,61	132,30±6,44
DE15	18,01±0,82	19,89±0,67	23,26±1,62	51,89±8,98	75,85±13,06	124,30±2,31
DE20	17,59±0,91	20,01±1,07	23,62±1,85	47,57±10,86	79,43±16,25	129,90±35,84

373 ⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade; TA100 e TA50 – 1 e 0,5 g de
 374 náuplios.g larvas dia⁻¹. D10, D15, e D20 – 10, 15 e 20 larvas L⁻¹. ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1 % de probabilidade,
 375 respectivamente.

376

377 **Tabela 3** - Análise de variância e médias ($\pm$ desvio-padrão) de taxa de crescimento específico
 378 (TCE) e sobrevivência na larvicultura de *Lophiosilurus alexandri*, em sistemas de
 379 recirculação de água (SRA) com diferentes taxas de alimentação e densidades de
 380 estocagem⁽¹⁾.

Fontes de variação	Valores de F			
	TCE - 5	TCE - 10	TCE - 15	Sobrevivência
	dias	dias	dias	(%)
	(%.dia ⁻¹)	(%.dia ⁻¹)	(%.dia ⁻¹)	
Taxa de Alimentação (TA)	3,14ns	3,69ns	8,02*	0,99ns
Densidade de Estocagem (DE)	0,52ns	1,07ns	0,15ns	5,88*
Interação (TA x DE)	0,03ns	0,18ns	0,023ns	1,84ns
CV (%)	34,98	43,34	34,87	4,40
Taxa de Alimentação				
TA100	12,42 $\pm$ 4,51	10,68 $\pm$ 4,16	11,60 $\pm$ 3,46a	88,25 $\pm$ 3,80
TA50	9,59 $\pm$ 2,51	7,64 $\pm$ 3,26	7,92 $\pm$ 2,20b	86,92 $\pm$ 3,95
Densidade de Estocagem				
DE10	10,71 $\pm$ 3,23	9,47 $\pm$ 3,74	10,26 $\pm$ 3,15	89,88 $\pm$ 3,40a
DE15	12,11 $\pm$ 3,65	7,62 $\pm$ 2,80	9,50 $\pm$ 3,15	88,25 $\pm$ 4,31ab
DE20	10,18 $\pm$ 4,75	10,39 $\pm$ 5,04	9,53 $\pm$ 4,22	84,63 $\pm$ 1,45b

381 ⁽¹⁾Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5
 382 % de probabilidade; T100 e T50 – 1 e 0,5 g de náuplios. g larvas dia⁻¹; D10, D15, e D20 – 10,
 383 15 e 20 larvas L⁻¹; ns - não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1 % de probabilidade,
 384 respectivamente.

5- Considerações finais

Os sistemas de recirculação de água (SRA) utilizados foram eficientes para o processo de nitrificação e não influenciaram os índices de desempenho zootécnico do pacamã, enquanto as frequências de troca de água foram determinantes nesses índices, cujo fluxo de 10 L.h⁻¹ proporcionou melhores resultados. A frequência alimentar de quatro vezes por dia proporcionou um maior peso total do pacamã no final de 15 dias, sem influência na TCE e na sobrevivência. A taxa de alimentação de um grama de náuplios por grama de peixe por dia propiciou melhor desempenho em comprimento e peso total, e TCE, na larvicultura do pacamã ao final de 15 dias, por outro lado, a densidade de estocagem influenciou apenas a sobrevivência do pacamã, e não afeta os resultados de crescimento ao final de 15 dias, sugerindo a necessidade de avaliar maiores densidades em SRA. Não houve interação entre a taxa de alimentação e a densidade de estocagem na larvicultura de pacamã em SRA no período de 15 dias.

6- Referências

- AL-HAFEDH, Y.S.; ALAM, A.; ALAM, M.A. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquacultural Engineering**, v.29, 139-154, 2003.
- ALTINOK, I.; GRIZZLE, J.M. Excretion of ammonia and urea by phylogenetically diverse fish species in low salinities. **Aquaculture**, v.238, p.499-507, 2004.
- ANDRADE, L.S.; HAYASHI, C.; SOUZA, S.R.; SOARES, C.M. Canibalismo entre larvas de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.26, p.299-302, 2004.
- ARANA, V. L. **Qualidade da água em aquicultura: princípios e práticas**. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 2010. 238p.
- ASANO, L.; AKO, H.; SHIMIZU, E.; TAMARU, C. Limited water exchange production systems for freshwater ornamental fish. **Aquaculture Research**, v.34, 937-941, 2003.
- BALDISSEROTO, B. **Fisiologia de peixes Aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. da UFSM. 2009. 352p.
- BALDISSEROTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Ed. da UFSM. 2005. 470p.
- BASKERVILLE-BRIDGES, B.; KLING, L.J. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. **Aquaculture**, v.181, p.61-69, 2000.
- BEHR, E.R. e HAYASHI, C. Alimentação de larvas de *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) em bandejas berçário durante o período crítico. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 12, 1997, São Paulo. **Resumos**. São Paulo/SP. 1997. p. 51.
- BENAVENTE, G.P.; GATESOUBE, F.J. The continuous distribution of rotifers increases the essential fatty acid reserve of turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. **Aquaculture**, v.72, p.109-114, 1988.
- BEUX, L.F.; ZANIBONI FILHO, F. Influência da baixa salinidade na sobrevivência de náuplios de *Artemia* sp. **Boletim Instituto de Pesca**, v.31, 73-77, 2006.
- BHUJEL, R. C. **Statistics for aquaculture**. Singapura: Wiley-Brackwell. 2008. 222p.
- BOLASINA, S.; TAGAWA, M.; YAMASHITA, Y.; TANAKA, M. Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v.259, p.432-443, 2006.

BRAUN, N.; LIMA, R. L. de.; MORAES, B.; LORO, V.L. Survival, growth and Biochemical parameters of silver catfish, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824), juveniles exposed to different dissolved oxygen levels. **Aquaculture Research**, v.37, p.1524-1531, 2006.

CAHU, C.L. e INFANTE, J.L.Z. Is the digestive capacity of marine fish larvae sufficient for compound diet feeding?. **Aquaculture International**, v.5, 151-160, 1997.

CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. Sobrevida e crescimento de larvas de surubim, *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.28, 231-237, 2006.

CANTON, R.; WEINGARTNER, M.; FRACALLOSSI, D.M.; ZANIBONI FILHO, E. Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.749-753, 2007.

CARDOSO, E.L.; CHIARINI-GARCIA, H.; FERREIRA, R.M.A.; POLI, C.R. Morphological changes in the gills of *Lophiosilurus alexandri* exposed to un-ionized ammonia. **Journal of Fish Biology**, v.49, p.778-787, 1996.

CARNEIRO, P.C.F.; MIKOS, J.D. Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural**, v.35, p.187-191, 2005.

CARVALHO, R.A.P.L.F.; FERRAZ DE LIMA, J.A.; SILVA, A.L.N. Efeito da densidade de estocagem no desempenho do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869), cultivado em tanques-rede no período de inverno. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.24, n. esp., p.177-185, 1997.

CHAGAS, E.C.; GOMES, L.C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, v.37, p.1109-1115, 2007.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J-P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v.34, 179-197, 2006.

COLT, J.; LAMOUREUX, J.; PATTERSON, R.; ROGERS, G. Reporting standards for biofilter performance studies. **Aquacultural Engineering**, v.34, 377-388, 2006.

DAVISON, W. The effects of exercise training on teleost fish, a review of recent literature. **Comparative Biochemical Physiology**, v.117A, p. 67-75, 1997.

DOU, S., MASUDA, R., TANAKA, M., TSUKAMOTO, K. Identification of factors affecting the growth and survival of the settling Japanese flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, 218, 309-327, 2003.

DU, Z.; LIU, Y.; TIAN, L.; HE, J.; CAO, J.; LIANG, G. The influence of feeding rate on growth, feed efficiency and body composition of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). **Aquaculture International**, v.14, p.247-257, 2006.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.257, 346–358, 2006.

EDING, E. H.; KAMSTRA, A.; VERRETH, J. A. J.; HUISMAN, E. A.; KLAPWIJK, A. Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.234-260, 2006.

FAIRCHILD, E.A.; HOWELL, W.H. Optimal stocking density for juvenile winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.32, n.3, p.300-308, 2001.

FEIDEN, A.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Desenvolvimento de larvas do surubim-do-igapó (*Steindachneridion melanodermatum*) submetidas a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, 2203-2210, 2006.

FERNANDES, R.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. Pesque-pague: negócio ou fonte de dispersão de espécies exóticas? **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.25, p.115-120, 2003.

FREITAS, J.M.A.; SARY, C.; FINKLER, J.K.; ZAMINHAM, M.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R. Densidade de estocagem de larvas de mandi-pintado (*Pimelodus britskii*). **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.8, p.389-396, 2010.

GEORGALAS, V., MALAVASI, S., FRANZOI, P., TORRICELLI, P. Swimming activity and feeding behaviour of larval European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects of ontogeny and increasing food density. **Aquaculture** 264, 418–427, 2007.

GIMÉNEZ, G.; ESTÉVEZ, A. Effect of larval and prey density, prey dose and light conditions on first feeding common dentex (*Dentex dentex* L.) larvae. **Aquaculture Research**, v.39, p.77-84, 2008.

GOMES, L.C.; BALDISSEROTO, B.; SENHORINI, L.A. Effect of density on water quality, survival and growth of larvae of the matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. **Aquaculture**, v.183, p.73-81, 2000.

GUERRERO-ALVARADO, C.E. Treinamento alimentar de pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829): Sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos. 2003. 72p. **Dissertação (Mestrado em Aquicultura)** - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GUTIERREZ-WING, M.T.; MALONE, R.F Biological filters in aquaculture: Trends and research directions for freshwater and marine applications. **Aquacultural Engineering**, v.34, 163-171, 2006.

HAGOPIAN, D.S.; RILEY, J.G. A closer look at the bacteriology of nitrification. **Aquacultural Engineering**, v.18, 223-244, 1998.

HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; GALDIOLI, E.M.; SOUZA, S.R. Uso de plâncton silvestre, fermento fresco e levedura desidratada na alimentação de larvas de cascudo chinelo, *Loricariichthyes platymetopon* (Isbrüchen & Nijssen, 1979) (Osteichthyes:Loricariidae). **Acta Scientiarum. Biological Science**, v.24, 541-546, 2002.

HERNÁNDEZ-CRUZ, C.M., SALHI, M., BESSONART, M., IZQUIERDO, M.S., GONZÁLEZ, M.M., FERNÁNDEZ-PALACIOS, H. Rearing techniques for red porgy (*Pargus pargus*) during larval development. **Aquaculture** 179, 489–497, 1999.

HUNG, L.T.; TUAN, N.A.; CACOT, P.; LAZARD, J. Larval rearing of the Asian catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasiidae): alternative feeds and weaning time. **Aquaculture**, v.212, 115-127, 2002.

HUSSAR, G.J.; CONCEIÇÃO, C.H.Z. da; PARADELA, A.L.; BARIN, D.J.; JONAS, T.C.; SERRA, W.; GOMES, J.P.R. Uso de leitos cultivados de vazão subsuperficial na remoção de macronutrientes de efluentes de tanques de piscicultura. **Engenharia Ambiental**, v.1, p.25-34, 2004.

INFOPECA (2010) Disponível em <http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/proyectos/92/Informe%20Brasilia.pdf>>Acessado em 21.01.2014.

JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 1994.294p.

JOMORI, R. K.; DUCATTI, C.; CARNEIRO, D. J.; PORTELLA, M. C. Stable carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) isotopes as natural indicators of live and dry food in *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) larval tissue. **Aquaculture Research**, v.39, 370-381. 2008.

JOMORI, R.K.; CARNEIRO, D.J.; MARTINS, M.I.E.G.; PORTELLA, M.C. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, v. 234, p.175-183, 2005.

KESTEMONT, P.; AWAÏSS, A. Larval rearing of the gudgeon, *Gobio gobio* L., under optimal conditions of feeding with the rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Müller. **Aquaculture**, v.83, p.305-318, 1989.

KIM, J.; MASSEE, K.C.; HARDY, R.W. Adult Artemia as food first feeding coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture**, v.144, 217-226, 1996.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Parte II. **Revista Panorama da Aquicultura**, v.8, p.35-41, 1998.

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso de água. **Panorama da Aquicultura**, v.16, p.15-22, 2006.

LEE, C. S.; OSTROWSKI, A. C. Current status of marine finfish larviculture in the United States. **Aquaculture**, v.200, p. 89-109, 2001.

LEKANG, O.I.; KLEPPE, H. Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media. **Aquacultural Engineering**, v.21, 181-199. 2000.

LINS, L.V.; MACHADO, A.B.M.; COSTA, C.M.R.; HERRMANN, G. Roteiro metodológico para elaboração de listas de espécies ameaçadas de extinção (contendo a lista oficial da fauna ameaçada de extinção de Minas Gerais). **Publicações Avulsas da Fundação Biodiversitas**, v.1, p.1-50, 1997.

LOPES, J.M.; SILVA, L. V. F.; BALDISSEROTTO, B. Survival and growth of silver catfish larvae exposed to water pH. **Aquaculture International**, v.9, p.73-80, 2003.

LOPES, R.N.M.; FREIRE, R.A.B.; VICENSOTTO, J.R.M.; SENHORINI, J.A. Alimentação de larvas de surubim *Pseudoplatystoma coruscans* (AGASSIZ, 1829) em laboratório na primeira semana de vida. **Boletim Técnico do CEPTA**, v.9, 11-29, 1996.

LUZ, R. K. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, 65 – 72, 2007.

LUZ, R. K.; PORTELLA, M. C. Frequência alimentar na larvicultura do *Hoplias lacerdae*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, 1442-1448, 2005.

LUZ, R. K.; PORTELLA, M. C. Larvicultura de trairão (*Hoplias lacerdae*) em água doce e água salinizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, 829-834, 2002.

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. Avaliação da tolerância de larvas do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1877 (Pisces: Siluriformes) a diferentes salinidades. **Acta Scientiarum. Biological Science**, v.30, 345-350, 2008

LUZ, R. K.; SANTOS, J. C. E. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, 903-909, 2008.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 560-565, 2002.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação do mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*, Lacépède). **Acta Scientiarum. Biological Science**, v.23, 483-489, 2001.

LUZ, R.K. **Aspectos da larvicultura do trairão *Hoplias lacerdae*: manejo alimentar, densidade de estocagem e teste de exposição ao ar**. 120p. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

LUZ, R.K., SATO, Y., SANTOS, J.C.E. dos Reproducción y larvicultura de pacamán. **Infopesca Internacional**, v.36, 20-23, 2008.

LUZ, R.K.; FERRERIRA, A.A.; REYNALTE-TATAJE, D.; MAFEZZOLLI, G.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura de dourado (*Salminus maxillosus*, Valenciennes, 1849), nos primeiros dias de vida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 11, 2000. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis/SC. 2000. não paginado, CD ROM.

LUZ, R.K.; PORTELLA, M. C. Diferentes densidades de estocagem na larvicultura do trairão *Hoplias lacerdae*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2005.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E. Effect of salt addition and feeding frequency on cascudo preto *Rhinelepis aspera* (Pisces: Loricariidae) larviculture. **Journal of Applied Ichthyology**, v.26, p.453-455, 2010.

LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; TEIXEIRA, E.A. Effect of water flow rate and feed training on “pacamã” (Siluriforme:Pseudopimelodidae) juvenile production. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.973-979, 2011.

LYSSENKO, C. e WHEATON, F. Impact of positive ramp short-term operating disturbances on ammonia removal by trickling and submerged-upflow biofilters for intensive recirculating aquaculture. **Aquacultural Engineering**, v.35, 26–37, 2006.

MACKERETH, F. J. H., HERON, J. & TALLING, J. F. Water analysis: Some revised methods for limnologists. **Freshwater Biological Association**. Scient. Publ. No. 36, 120p., 1978.

MAXIMIANO, A. de A.; FERNANDES, R.O. de; NUNES, F.P.; ASSIS, M.P. de; MATOS, R.V. de; BARBOSA, C.G.S.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. Use of veterinary drugs and pesticides in the aquatic environment: demands, regulation and concerns on risks to human and environmental health. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.10, p.481-491, 2005.

MERINO, G.E.; PIEDRAHITA, R.H.; CONKLIN. D.E. Effect of water velocity on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles. **Aquaculture**, v.271, p.206-215, 2007.

MPA. Disponível em: < <http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010> >. Acessado em 17 de janeiro de 2014.

MUNILLA-MORAN, R.; STARK, J.R.; BARBOURA, A. The role of exogenous enzymes in digestion in cultured turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). **Aquaculture**, v.88, p. 337-350, 1990.

OLÍVAR, M.P.; AMBROSIO, P.P.; CATALÁN, I.A. A closed water recirculation system for ecological studies in marine fish larvae: growth and survival of sea bass larvae fed with live prey. **Aquatic Living Resources**, v.13, p. 29-35. 2000.

OZÓRIO, R.O.A.; AVNIMELECH, Y.; CASTAGNOLLI, N. Sistemas intensivos fechados de produção de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, São Paulo: TecArt, 2004. p.7-24.

PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, tratamento e diagnóstico**. Maringá: EDUEM, 1998. 264p.

PEDREIRA, M.M. Comparação entre três sistemas no cultivo de larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Ceres**, v.50, p.779-786, 2003.

PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V.; SILVA, R.S.F. Biofiltração da água e tipos de substrato na larvicultura do pacamã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.511-518, 2009.

PEDREIRA, M.M.; SANTOS, J.C.E.; SAMPAIO, E.V.; FERREIRA, F.N.; SILVA, J.L. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1144-1150, 2008.

PUVANENDRAN, V., BROWN, J.A. Foraging, growth and survival of Atlantic cod reared in different prey concentrations. **Aquaculture** 175, 77–92, 1999.

RABE, J.; BROWN, J.A. A pulse feeding strategy for rearing larval fish: an experiment with yellowtail flounder. **Aquaculture**, v.191, p.289-302, 2000.

RHIDA, M.T.; CRUZ, E.M. Effect of biofilter media on water quality and biological performance of the Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* L. reared in a simple recirculating system. **Aquacultural Engineering**, v.24, 157-166, 2001.

SANTOS, J.C.E.; LUZ, R.K. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. **Aquaculture**, v.287, p.324-328, 2009.

SANTOS, J.C.E.; PEDREIRA, M.M.; LUZ, R.K. The effects of stocking density, prey concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae) larviculture. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**. v.34, p.133-139, 2012.

SATO, Y. e GODINHO, H.P. Peixes da bacia do Rio São Francisco. In: LOWE-MCCONNEL, R.H; tradução Anna Emília A. De M. Vazzoler, Angelo Antônio Agostinho, Patrícia T. M. Cunningham (Eds). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999. p.401-413.

SHIELDS, R.J. Larviculture of marine finfish in Europe. **Aquaculture**, v.200, p.55-88, 2001.

TENÓRIO, R.A.; SANTOS, A.J.G.; LOPES, J.P.; NOGUEIRA, E.M.S. Crescimento do niquim (*Lophiosilurus alexandri* Steindachner 1876), em diferentes condições de luminosidade e tipos de alimentos. **Acta Scientiarum**, v.28, p.305-309, 2006.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M.; PIEDRAHITA, R. H. **Acuicultura en Sistemas de Recirculación**. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures, 2009. 959p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2.ed. São Carlos: RiMa: IIE, 2003. 251p.

WALFORD, J.; LAM, T.J. Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. **Aquaculture**, v.109, 187-205, 1993.

WANG, N.; HAYAWARD, R.S.; NOLTIE, D.B. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. **Aquaculture**, v.165, p.261-267, 1998.

ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura de peixes de água doce. **Informe Agropecuário**, v.21, p.69-77, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5th edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010. 944p.

ZUANON, J.A.S; ASSANO, M.; FERNANDES, J.B.K. Desempenho de tricogaster (*Trichogaster trichopterus*) submetido a diferentes níveis de arraçoamento e densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1639-1645, 2004.

ANEXOS