



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



**INFLUÊNCIA DO TIPO E DENSIDADE DO ALIMENTO NA LARVICULTURA
DO PACAMÃ *Lophiosilurus alexandri* STEINDACHNER, 1876 (SILURIFORMES,
PSEUDOPIMELODIDAE)**

PEDRO GARGUR DOS SANTOS COROA

São Cristóvão – SE

2015

PEDRO GARGUR DOS SANTOS COROA

**INFLUÊNCIA DO TIPO E CONCENTRAÇÃO DO ALIMENTO NA
LARVICULTURA DO PACAMÃ *Lophiosilurus alexandri* STEINDACHNER, 1876
(SILURIFORMES, PSEUDOPIMELODIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo F. G. Brito

São Cristóvão – SE

2015

TERMO DE APROVAÇÃO

INFLUÊNCIA DO TIPO E DENSIDADE DO ALIMENTO NA LARVICULTURA DO PACAMÃ *Lophiosilurus alexandri* STEINDACHNER 1876 (SILURIFORMES, PSEUDOPIMELODIDAE)

por

PEDRO GARGUR DOS SANTOS COROA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

APROVADA pela banca examinadora composta por



DR. MARCELO FULGÊNCIO GUEDES DE BRITO
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Federal de Sergipe



DR. ALEXANDRE NIZIO MARIA
Embrapa



DR. JODNES SOBREIRA VIEIRA
Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE, 27 de fevereiro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

C822i Coroa, Pedro Gargur dos Santos
Influência do tipo e concentração do alimento na larvicultura do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes, Pseudopimelodidae) / Pedro Gargur dos Santos Coroa ; orientador Marcelo F. G. Brito. – São Cristóvão, 2015.
62 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

1. Ecologia Aquática. 2. Peixe – Alimentação e rações. 3. Aquicultura. 4. Nutrição - Avaliação. 5. Conservação da natureza. I. Brito, Marcelo F. G., orient. II. Título.

CDU 639.3.043

Dedico este trabalho aos meus pais Utilan da Silva Ramos Coroa e Tatiana Gargur dos Santos pela educação e apoio dado.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação – (PPEC) pelo suporte logístico e oportunidade essencial na execução do trabalho.

À Fundação de Apoio a Pesquisa e a Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe - FAPITEC/SE pela bolsa concedida.

A todos os funcionários do Centro Integrado de Aquicultura e Recursos Pesqueiro do perímetro irrigado Itiúba – 5ª CII, pertencente à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) pelo apoio durante a execução do experimento, em especial aos senhores Alexandre Delgado Bonifácio e Álvaro de Assis Alves de Albuquerque pela oportunidade e confiança para desenvolvimento do estudo.

A Sérgio Marinho pelas sugestões e ensinamentos fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

A Mateus Félix pela disponibilização do Laboratório de Patologia Aquática como base de trabalho e pelas ajudas em momentos estratégicos.

Ao funcionário Antônio “Tonhão” pelo suporte logístico com as matrizes.

Aos membros da banca pelo aceite ao convite para aprimoramento do trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Brito, o qual me proporcionou grande desenvolvimento intelectual. Agradeço também pela visão estratégica da pesquisa, paciência e compreensão durante esse período.

A toda equipe do Laboratório de Cordados, Prof. Renato Faria, Prof^a. Angélica Bezerra, Prof^a. Renata Bartolette, Débora Matos, Bruna Oliveira, Tainara Farias, Tamires Passos, Laura Barreto, Jamille Ferreira, Marlene Pereira, Carolina Vieira, Fernanda Argolo, Daniel Assis, Carlos Danillo, Thiago D'avilla, Jefferson Saulo, Alexandre Aguiar, Fernando Argolo, Dário Júnior, Francis Caldas, Júnior Vilanova, Mayane Vieira, Charlles Muller, Lucas Otávio pelo companheirismo e parceria no ambiente de pesquisa.

A Daniel Santana pela elaboração da figura das unidades experimentais.

Ao Prof. Leandro pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

A todos os professores do PPEC pelos conhecimentos transmitidos.

À secretária do PPEC Juliana Cordeiro pela calma e atenção nos momentos conturbados.

Aos parceiros de mergulho André Baptista, Cleiton Aragão e Tiago Adelsek.

A todos os familiares que me acompanharam, cuidaram e me entenderam nesta jornada. Em especial á Sra. Tatiana Gargur e ao Sr. Utilan Coroa pelos encaminhamentos da vida.

“O prazer dos grandes homens consiste em poder tornar os outros mais felizes.”

Pascal

Sumário

Lista de figuras	VII
Lista de tabelas	VIII
Resumo	IX
Abstract.....	X
1. Introdução	11
1.1 Introdução geral	11
1.2 Espécie em estudo	15
1.3 Referências bibliográficas	17
2. ARTIGO	27
2.1 Introdução.....	27
2.2 Material e métodos	28
2.2.1 Obtenção das pós-larvas.....	29
2.2.2 Unidades experimentais (UE)	29
2.2.3 Produção de alimento vivo.....	30
2.2.4 Experimento	30
2.2.5 Contagem e biometria	31
2.2.6 Análise dos dados.....	32
3. Resultados.....	32
3.1 Tipo de alimento	32
3.2 Frequência e densidade alimentar	33
4. Discussão	34
5. Agradecimentos	38
6. Referências bibliográficas	38
7. Aquaculture: normas para publicação.....	46

Lista de figuras

Figura 1. Espécime do pacamã <i>Lophiosilurus alexandri</i>	18
Figura 2. Esquema mostrando a disposição das unidades experimentais utilizadas na condução do estudo das pós-larvas de <i>L. alexandri</i>	32
Figura 3. Percentual de sobrevivência de pós-larvas de <i>L. alexandri</i> após 10 dias de cultivo submetidos a diferentes composições alimentares: (a) Alimento ad libitum, (b) <i>Artemia</i> sp., (c) <i>P. redivivus</i> e (d) sem alimento.	34

Lista de tabelas

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da sobrevivência, peso, comprimento e taxa de crescimento específico (TCE) de *Lophiosilurus alexandri* cultivadas em UE's durante 10 dias. As médias na mesma coluna seguidas por letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. * = TCE negativa. 35

Tabela 2. Médias e desvio padrão das interações entre frequência e gradiente alimentar relacionados à sobrevivência, peso, comprimento total e taxa de crescimento específico (TCE) de *Lophiosilurus alexandri* após dez dias de alimentação. 36

RESUMO

O desenvolvimento de tecnologias é fundamental para aumento da produtividade na aquicultura. Um dos gargalos no cultivo de espécies nativas está na alimentação das larvas. O pacamã *Lophiosilurus alexandri* é uma espécie endêmica na bacia do rio São Francisco com grande potencial para aquicultura e atualmente apresenta status de conservação vulnerável. O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho de pós-larvas de *L. alexandri* a partir de diferentes dietas (*Artemia* sp. e *Panagrellus redivivus*), concentrações (C_{300} , C_{500} e C_{700}) e frequências alimentares (F_1 , F_3 e F_6) em experimentos com duração de dez dias. Quando avaliado o alimento com melhor rendimento, *Artemia* sp. e *Artemia* sp. com *P. redivivus* apresentaram maiores taxas de sobrevivência, bem como maiores peso ($F=371,13$; $p<0,05$), comprimento ($F=79,31$; $p<0,05$) e taxa de crescimento específico (TCE) ($F=105,97$; $p<0,01$) do que pós-larvas alimentadas apenas com *P. redivivus* e pós-larvas sem fornecimento de alimento. A segunda etapa utilizou apenas *Artemia* sp. como alimento em função do melhor rendimento. A sobrevivência das pós-larvas não foi afetada pela concentração de presas e pela frequência alimentar, porém o peso ($F=46,63$; $p<0,001$), comprimento ($p<0,05$; $F=38,398$) e TCE ($F=36,91$; $p<0,05$) apresentaram diferenças significativas de forma crescente com o aumento da concentração de presas. A partir destes resultados, o melhor desempenho das pós-larvas de *L. alexandri* foi obtido a partir de uma alimentação diária com maior concentração de presas (C_{700}). O cultivo de *L. alexandri* deve ser incentivado na bacia hidrográfica do São Francisco. A redução dos seus estoques naturais decorrente de ações antrópicas reforça a importância de programas de repovoamento na tentativa de restaurar as populações naturais e fazer com que volte a figurar dentre as espécies exploradas comercialmente na bacia do rio São Francisco.

Palavras-chave: Siluriformes, nutrição, concentração de presas, frequência alimentar, conservação.

ABSTRACT

The improvement of technologies is essential to increase the productivity in aquaculture. One of the bottlenecks in the culture of native species with regard to larval feeding. The pacamã *Lophiosilurus alexandri* is an endemic species in São Francisco river basin with high potential for aquaculture and nowadays it is showing vulnerable conservation status. The purpose of this study was to evaluate the post-larval performance of *L. alexandri* from different diets (*Artemia* sp. and *Panagrellus redivivus*), concentrations (C_{300} , C_{500} and C_{700}) and food frequencies (F_1 , F_3 and F_6) in experiments lasting ten days. When the food with better performance is evaluated, the *Artemia* sp. and *Artemia* sp. with *P. redivivus* shows higher survival rates as well as higher weight ($F = 371.13$, $p < 0.05$), length ($F = 79.31$; $p < 0.05$) and specific growth rate (TCE) ($F = 105.97$, $p < 0.01$) than post larvae fed only with *P. redivivus* and post larval without food supply. The second stage used only *Artemia* sp. as a food due to the better performance. The survival of post larvae stage was not affected by the gradient and the feed frequency, but the weight ($F = 46.63$, $p < 0.001$), length ($p < 0.05$; $F = 38.398$) and TCE ($F = 36, 91$, $p < 0.05$) showed significant differences, in an increasing manner, with the rise of food gradient. From these results, the best performance of *L. Alexandri* post larvae were obtained from a daily diet feed with higher gradient (C_{700}). The cultivation of *L. alexandri* should be encouraged in São Francisco basin. Fish stock reduction due to anthropic actions reinforces the importance of repopulation programs in order to try to restore the natural populations and make this species be one of the main important among the species commercially exploited at São Francisco river basin.

Keywords: Siluriformes, nutrition, food gradient, food frequency, conservation.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Introdução geral

O desenvolvimento da produção de pescado tem sido impulsionado por um conjunto de fatores, como crescimento populacional, urbanização, expansão da cadeia produtiva e estratégias de produção mais eficientes (Naylor et al., 2000; FAO, 2014). Este crescimento elevou o consumo per capita de 9,9 kg em 1960 para 19,2 kg em 2012, com um crescimento de anual 3,2% (FAO, 2014).

No final da década de 2010 a produção de peixes proveniente do extrativismo estagnou em torno de 90 t/ano (FAO, 2012). Estimativas apontam que mesmo com o aumento do esforço pesqueiro dificilmente esta atividade consiga suprir a demanda mundial de pescado (Christensen *et al.*, 2003; Teletchea & Fontaine, 2014).

No ano de 2011 cerca de 60% dos estoques foram considerados esgotados (FAO, 2014). Este processo de queda iniciou em meados do século XIX com a industrialização pesqueira (Cushing, 1987; Pauly et al., 2002). Inovações tecnológicas na construção naval e nas artes de pesca possibilitaram uma maior capacidade de captura. Estes procedimentos maximizaram a capturabilidade tornando os estoques pesqueiros cada vez mais vulneráveis (Beddington, 1995).

A sobrepesca de espécies-alvo tem sido reconhecida como o fator primordial para a redução da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos (Jackson et al., 2001; Stergiou, 2002; Worm et al., 2009; Beddington et al., 2007). Suas populações encontram-se abaixo dos níveis recomendados e apresentam trajetória contínua de declínio (Costello et al., 2012). Como forma de reduzir os esforços sobre os estoques naturais, políticas públicas de recuperação foram aplicadas a partir da década de 1990 com destaque ao estímulo à aquicultura, controle do esforço da frota pesqueira sobre os estoques naturais e o direcionamento do esforço para regiões pouco exploradas (Worm et al., 2009).

O potencial do setor aquícola para suprir o déficit na demanda mundial por pescado é mencionado frequentemente (Naylor et al., 2000; Pauly et al., 2002; Samuel-Fitwi et al., 2012). Nos últimos 30 anos a produção de pescado proveniente da aquicultura aumentou 12 vezes (FAO, 2012), transformando-a no setor produtivo que mais cresce (FAO, 2008).

O Brasil ocupa a décima posição no ranking mundial de aquicultura, com produção de aproximadamente 710 t/ano (FAO, 2014). Alguns fatores estão associados positivamente ao desenvolvimento da atividade aquícola no Brasil, como longa faixa litorânea (8.400 km), extensa lâmina de água continental através de açudes públicos (3,5 milhões/ha) e barragens (5 milhões/ha) e clima predominantemente tropical (Ostrensky, 2008).

A escolha de uma espécie com potencial para cultivo requer características voltadas tanto para a aquicultura quanto para o setor zootécnico (Baldiasseroto, 2010). Programas governamentais têm utilizado espécies de peixe não nativas na aquicultura, mas o seu cultivo representa uma ameaça à ictiofauna nativa em função dos escapes frequentes que ocorrem em pisciculturas (Agostinho et al., 1999; Alves et al., 2007). O conhecimento limitado em relação às espécies nativas permitiu que tilápias, carpas e trutas fossem introduzidas sem nenhum controle nas bacias hidrográficas brasileiras (Saint-Paul, 1986; Alves et al., 2007). Mesmo sendo justificados pelos benefícios econômicos ou sociais em curto prazo, os efeitos da introdução de espécies não nativas em longo prazo podem levar a condições irreversíveis (Hall & Mills, 2000). Em muitos casos não só os animais atingiram os corpos d'água como também parasitas junto às matrizes foram introduzidos (Naylor et al., 2000).

O interesse pelo cultivo de espécies nativas no Brasil vem aumentando devido ao grande rendimento de filé, alta qualidade da carne e grande aceitação no mercado consumidor (Zaniboni-Filho, 2000; Godinho, 2007; Baldiasseroto, 2010). Em 2011 o Brasil produziu cerca de 630 mil toneladas de pescados provenientes da aquicultura, um incremento de 51 % quando comparado ao ano de 2009 (415 mil toneladas). A aquicultura continental segue o padrão apresentado nos anos anteriores, respondendo pela maior produção aquícola (86 %) (MPA, 2011).

O Brasil apresenta a fauna de peixes de água doce mais diversificada do mundo, entretanto apenas 1,5% das espécies são cultivadas. São aproximadamente 40 espécies utilizadas na aquicultura (Godinho, 2007), com destaque para o pirarucu (*Arapaima gigas*), matrinxãs (*Brycon* spp.), tambaqui (*Colossoma macropomum*), piaus (*Leporinus* spp.), pacamã (*Lophiosilurus alexandri*), dourados (*Salminus* spp.), jundiá (*Rhamdia quelen*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e surubins (*Pseudoplatystoma* spp.) (Godinho, 2007; Baldiasseroto, 2010; Campeche et al., 2011). O crescimento nos últimos 20 anos

em relação ao cultivo de espécies nativas representa um grande avanço no sistema de cultivo nacional no desenvolvimento de tecnologias e protocolos de criação (Godinho, 2007).

Em razão da alta diversidade de espécies e da ocupação dos mais variados tipos de ambientes, os peixes desenvolveram grande variedade de estratégias reprodutivas (Vazzoler, 1996). O estudo dessas estratégias e como elas são influenciadas pelo meio ambiente são ferramentas úteis para o aperfeiçoamento de técnicas usadas nas pisciculturas (Silva et al., 2009).

A reprodução em cativeiro e o domínio da produção de larvas são fundamentais para o sucesso na aquicultura (Zaniboni-Filho et al., 2006). A larvicultura e alevinagem de peixes têm como principal objetivo aumentar as taxas de crescimento e sobrevivência através do fornecimento de condições ambientais adequadas, entre elas um alimento que proporcione alevinos em quantidade e qualidade (Atencio-Garcia et al., 2003). As baixas taxas de sobrevivência na larvicultura geralmente estão associadas à falta de conhecimento da biologia na fase larval (Basile-Martins, 1978; Senhorini et al., 1998).

O estudo das fases iniciais do ciclo de vida em peixes é fundamental para o conhecimento da biologia das espécies e de seus atributos morfológicos (Wootton, 1998; Maciel, 2006). Além de permitir a identificação, este conhecimento proporciona uma melhor compreensão das relações entre organismos e seu ambiente (Sanches et al., 1999). Durante o processo de ontogenia as larvas passam por uma série de etapas vulneráveis, sendo a mais importante o momento de transição entre a alimentação endógena e a alimentação exógena (Kamler, 1992). Nesta fase, a sobrevivência depende da quantidade de suprimento alimentar do vitelo e disponibilidade de alimento adequado na primeira alimentação exógena (Santin et al., 2004).

Um dos maiores gargalos enfrentados pela produção de alevinos de espécies nativas está no desenvolvimento de tecnologias que aumentem a produtividade (Lopes et al., 1994; Luz & Zaniboni-Filho, 2002; Atencio-Garcia et al., 2003). A alimentação ocupa um importante papel já que tem reflexos diretos no crescimento e sobrevivência das larvas (Schütz et al., 2008). Estudos relacionados à nutrição de espécies nativas têm despertado grande atenção nos últimos anos, permitindo a identificação de dietas mais eficientes e exigências nutricionais nos primeiros dias de vida (Beerli et al., 2004; Boscolo et al., 2011). A alimentação nas primeiras fases de vida é um ponto crítico, uma vez que as características simples do trato digestório, demandam alimento várias vezes

ao longo do dia durante este período. Assim, a alimentação inicial torna-se o elemento-chave para o sucesso da larvicultura (Watanabe & Kiron, 1994).

Dietas naturais de larvas de peixe incluem diferentes tipos de fitoplâncton, pequenos integrantes do zooplâncton e larvas de insetos (Sipaúba-Tavares, 1993). Alguns desses itens são utilizados na aquicultura (Watanabe & Kiron, 1994). Os critérios para decidir a fonte de alimentação inicial são basicamente em virtude de suas qualidades físicas, tais como a pureza, disponibilidade e aceitabilidade em conjunto com indicadores nutricionais, tais como a digestibilidade de nutrientes e a energia obtida a partir dele (Léger et al., 1987). São utilizados aproximadamente 20 espécies de microalgas, rotíferos, *Artemia* sp., copépodes, nematoides e oligoquetas como primeiro alimento para larvas de peixe (Sorgelos et al., 1993; Watanabe & Kiron, 1994).

Desde que foi descoberta, a *Artemia* sp. tem sido utilizada como alimento para larvas de organismos aquáticos em fase inicial de desenvolvimento (Seale, 1933). A partir da década de 1930, pesquisas foram desenvolvidas identificando o seu potencial como alimento para larvas de peixes. Além de suas qualidades nutricionais (Leger et al., 1987), a disponibilidade em duas formas (cisto e nauplio) e a sua variação de tamanhos favorece a sua utilização (Léger et al., 1986; Léger et al., 1987; Watanabe & Kiron, 1994). Desde nauplios até estágios mais desenvolvidos a *Artemia* sp. pode ser ofertada de acordo com o crescimento e desenvolvimento do predador (Léger et al., 1987). Diversos trabalhos comprovaram a eficácia do uso da *Artemia* sp. como primeiro alimento para larvas de peixes (Yoshimatsu & Kitajima, 1996; Luz & Zaniboni Filho, 2001; Celada et al., 2008; Santos & Luz, 2009)

Outra classe de animais testados para adequação alimentar foram os nematoides (“lombrigas” pertencentes ao filo Nematoda), bem conhecidos como alimento vivo em aquariofilia (Bela, 2001). O objetivo das pesquisas com nematoides é adicionar um alimento vivo alternativo para os métodos alimentares convencionais, aumentando assim a variedade de alimentos utilizados na indústria aquícola (Brüggemann, 2012). Hofsten et al. (1983) observaram que *Panagrellus redivivus* Goodey, 1945 (Panagrolaimidae) é frequentemente recomendado por produtores de peixe como alimento vivo na fase larval. São vermes de cor branca a transparente com o corpo segmentado (Luna-Figueroa, 2009). Bruun (1949) foi um dos primeiros a relatar sobre o uso desta espécie na larvicultura de peixes, que hoje é o nematoide mais estudado como

alimento vivo de peixes (Brüggemann, 2012). Como nematoides não parasitas, *P. redivivus* não representam perigo para os peixes (Brüggemann, 2012).

Uma característica importante de *P. redivivus* é a sua alta taxa de reprodução (Cryan et al., 1963). Fêmeas atingem a maturidade sexual com três dias de vida, e a partir de então liberam entre 10 e 40 ovos entre um e um dia e meio (Rottman, 1988). O tamanho é outra característica que torna *P. redivivus* adequado para alimentação de larvas que preferem itens alimentares pequenos (Brüggemann, 2012). O comprimento varia entre 150 e 900 µm (Kumlu et al., 1998) e diâmetro médio de 50 µm. De acordo com Kahan & Appel (1975) um indivíduo de *P. redivivus* tem peso médio de 0,00011 mg. O fácil cultivo torna *P. redivivus* um alimento adequado para experimentos de desenvolvimento de produção em massa (Brüggemann, 2012). O teor proteico é de aproximadamente 48 % (Biedenbach et al., 1989), sendo considerada uma importante fonte de nutrientes para larvas de peixes (Ricci et al., 2003; Schlechtriem et al., 2004; Schlechtriem et al., 2005; Focken et al., 2006; Sautter et al., 2007). As potencialidades de *P. redivivus* têm sido demonstradas em experimentos com espécies de carpa (Hofsten et al., 1983; Rottmann et al., 1991; Santiago et al., 2004; Schlechtriem et al., 2004), bagres (Laron et al., 2001) e garoupa (Reyes et al., 2011).

1.2 Espécie em estudo

A ordem Siluriformes apresenta 39 famílias com mais 3600 espécies (Eschmeyer & Fong, 2015). Dentre os representantes da família Pseudopimelodidae está o pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Figura 1), categorizado como endêmico da bacia hidrográfica do rio São Francisco (Buckup et al., 2007). Apresenta corpo achatado dorso-ventralmente, coloração marrom pardacenta na face dorsal com máculas pequenas, olhos muito pequenos e mandíbula prognata (Britski et al., 1988). É uma espécie sedentária (Barros et al., 2007) e prefere ambientes lânticos e arenosos (Sato et al., 2003). O pacamã é uma espécie com grande importância na pesca comercial (Godinho et al., 2003), e se destaca pela alta qualidade da carne em função da ausência de espinhos intramusculares (Luz et al., 2011), podendo alcançar peso corporal de 8 kg (Sato et al., 2003). Recentemente, através da Portaria nº445 de 17 de dezembro de 2014, seu status de conservação foi categorizado como vulnerável.



Figura 1. Espécime do pacamã *Lophiosilurus alexandri*.

Como em ambiente natural, em cativeiro os adultos constroem ninhos em fundo de areia, onde os ovos são depositados e cuidados pelo macho (Sato, 1999). Ovos de *L. alexandri* apresentam coloração amarelo-claro, são adesivos e revestidos com uma camada gelatinosa. A eclosão dos embriões ocorre entre 54 e 58 horas após a fecundação (Santos et al., 2013). Larvas recém-eclodidas apresentam comprimento total de 8,4 mm e boca proporcionalmente grande em relação ao corpo, sem natação vertical (Pedreira et al., 2008; Santos et al., 2013). A facilidade na criação e a reprodução contínua em cativeiro têm colocado a espécie como uma das principais espécies da bacia do São Francisco com potencialidade para a aquicultura (Sato, 1999; Sato et al., 2003; Campeche et al., 2011). Além disso, *L. alexandri* tem sido utilizado como peixe ornamental em função do formato peculiar do corpo (Santos & Luz, 2009). Por estes motivos, esforços têm sido direcionados com o intuito de aprimorar os programas de propagação artificial do pacamã (López and Sampaio, 2000; Tenório et al., 2006; Luz & Santos, 2008; Pedreira et al., 2008; Santos & Luz, 2009; Luz et al., 2011; Pedreira et al., 2012; Santos et al., 2013).

1.3 Referências bibliográficas

- Agostinho, A. A., Miranda, L. E., Bini, L. M., Gomes, L. C., Thomaz, S. M. & Suzuki, H. I. 1999. Patterns of colonization in Neotropical reservoir, and prognoses on aging. Pp. 227–265. In: Tundisi, J.G. & Straskraba, M. (Eds). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. Theoretical reservoir ecology and its applications. Backhuys Publishers, Leiden.
- Alves, C. B. M., Vieira, F., Magalhães, A. L. B. & Brito, M. F. G. 2007. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. Pp. 291-314. In T.M. Bert (ed.). Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities. Dordrecht: Springer.
- Atencio-García, V., Zaniboni-Filho, E., Pardo-Carrasco, S. & Arias-Castellanos, A. 2003. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem de yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). Acta Scientiarum: Animal Science, 25: 61-72.
- Baldisseroto, B. & Gomes, L. C., 2010. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 2ª edição. Santa Maria: Editora da UFSM. 352p.
- Barros, M. D. M., Guimarães-Cruz, R. J., Veloso-Júnior, V. C. & Santos, J. E. 2007. Reproductive apparatus and gametogenesis of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner (Pisces, Teleostei, Siluriformes). Revista Brasileira de Zoologia, 24: 213–221.
- Basile-Martins, M. A., Yamanaka, N., Jacobsem, O. & Ishikawa, C. M. 1987. Observações sobre a alimentação e a sobrevivência de larvas de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmber, 1887), (*Colossoma mitrei*. Berg, 1895). Boletim do Instituto de Pesca, 14: 63-68.
- Beddington, J. 1995. The primary requirements. Nature, 374: 213–214.
- Beddington, J. R., Agnew, D. J. & Clark, C. W., 2007. Current problems in the management of marine fisheries. Science, 316 (5832): 1713-1716.

Beerli, E. L., Logato, P. V. R. & Freitas, R. T. F. 2004. Alimentação e comportamento de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Ciência e Agrotecnologia, 28: 149-155.

Bela, H., 2001. Nematoden – nur Parasiten. DKG Journal, 33(4): 112–116.

Biedenbach, J. M., Smith, L. L., Thomsen, T. K. & Lawrence, A. L., 1989. Use of the nematode *Panagrellus redivivus* as an *Artemia* replacement in a larval penaeid diet. Journal of the World Aquaculture Society, 20(2): 61–71.

Boscolo, W. R., Signor, A., Freitas, J. M. A., Bittencourt, F. & Feiden, A., 2011. Nutrição de peixes nativos. Revista Brasileira de Zootecnia, 40: 145-154.

Britski, H. A., Sato, Y. & Rosa, A. B. S., 1988. Manual de identificação de peixes da região de três marias (com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco). Companhia De Desenvolvimento Do Vale Do São Francisco – Codevasf, Brasília. 115p.

Brüggemann, J., 2012. Nematodes as live food in larvae culture: a review. Journal World Aquaculture Society, 43: 739–753.

Bruun, A. F., 1949. The use of nematodes as food for larval fish. Journal du Conseil Permanent International Pour l'Exploration de la Mer, 16 (1): 96–99.

Buckup, P. A., Menezes, N. A. & Ghazzi, M. S., 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do brasil. Série Livros 23, Museu Nacional, Rio De Janeiro. 195p.

Campeche, D. F. B., Balzana, L., Figueiredo, R. C. R., Barbalho, M. R. S., Reis, F. J. S. & Melo, J. F. B., 2011. Peixes nativos do rio São Francisco adaptados para cultivo. EMBRAPA, 20p.

Celada, J. D., Aguilera, A., Carral, J. M., Saez-Royuela, M. & Melendre, P., 2008. Rearing tench (*Tinca tinca* L.) larvae on live feed (*Artemia*) and on two transition schedules from live to dry diets. Journal of Applied Ichthyology, 24: 595-600.

Christensen, V., Guénette, S., Heymans, J. J., Walters, C. J., Watson, R., Zeller, D. & Pauly, D., 2003. Hundred-year decline of north atlantic predatory fishes. *Fish and Fisheries*, 4: 1-24.

Costello, C., Ovando, D., Hilborn, R., Gaines, S. D., Deschenes, O. & Lester, S. E., 2012. Status and Solutions for the World's Unassessed Fisheries. *Science*, 338: 517-520.

Cryan, W. S., Hansen, E., Martin, M., Sayre, F. W. & Yarwood, E. A., 1963. Axenic cultivation of the dioecious nematode *Panagrellus redivivus*. *Nematologica*, 9: 313–319.

Cushing, D. H., 1987. *The Provident Sea*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 329p.

Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D., 2015. Species By Family/Subfamily. ([Http://Research.Calacademy.Org/Research/Ichthyology/Catalog/Speciesbyfamily.Asp](http://Research.Calacademy.Org/Research/Ichthyology/Catalog/Speciesbyfamily.Asp)). Versão Electronica Acessada Em 06/01/2015.

FAO SOFIA., 2008. *The state of world fisheries and aquaculture Report*, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO SOFIA., 2012. *The state of world fisheries and aquaculture Report*, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO SOFIA., 2014. *The state of world fisheries and aquaculture Report*, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.

Focken, U., Schlechtriem, C., von Wuthenau, M., Garcia-Ortega, A., Puello-Cruz. & Becker, K., 2006. P.r. mass produced on solid media as live food for *Litopenaeus vannamei* larvae. *Aquaculture Research*, 37: 1429–1436.

Godinho, A. L., Brito, M. F. G. & Godinho, H. P., 2003. Pesca nas corredeiras de Buritizeiro: da ilegalidade à gestão participativa. Pp. 347–360. In: *Águas, peixe e pesca*

no São Francisco das Minas Gerais. H. P. Godinho and A. L. Godinho (Eds). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Godinho, H. P., 2007. Estratégias reprodutivas de peixes aplicadas à aquicultura: bases para o desenvolvimento de tecnologias de produção. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31, (3): 351-360.

Hall, S. R. & Mills, E. L., 2000. Exotic species in large lakes of the world. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3 (1): 105-135.

Hofsten, A. V., Kahan, D., Katznelson, R. & Bar-El, T., 1983. Digestion of free-living nematodes fed to fish. *Journal of Fish Biology*, 23: 419–428.

Jackson, J. B. C., Kirby, M. X., Berger, W. H. Bjorndal K. A., Botsford L. W., Bourque, B. J., Bradbury, R. H. Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange C. B., Lenihan H. S., Pandolfi, J. M. Peterson C. H., Steneck, R. S. Tegner, M. J. & Warner, R. R. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*, 293: 629.

Kahan, D., Appel, Z. 1975. The value of *Panagrellus* sp. (Nematoda) as food for fish. Pp 243-253. 10th European Symposium in Marine Biology, Ostend, Belgium.

Kamler, E. 1992. Early life history of fish. An energetics approach. Chapman and Hall. 267p.

Kumlu, M., Fletcher, D. J., & Fisher, C. M. 1998. Larval pigmentation, survival, and growth of *penaeus indicus* fed the nematode *panagrellus redivivus* enriched with astaxanthin and various lipids. *Aquaculture Nutrition*, 4: 193–200.

Laron, M., Kamarudin, M. S., Yusoff, F. M. & Saad, C. R. 2001. Evaluation of the different live food organisms on growth and survival of river catfish, *Myxus nemurus* (C. & V.) larvae. Pp. 299-302. In: Larvi 2001 – Fish and Shellfish Larviculture Symposium. C.I. Hendry, G, Van., (Eds). Eur. *European Aquaculture Society*.

Léger, P., Bengtson, D. A., Simpson, K. L. & Sorgeloos, P. 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*, 24: 521–623.

Leger, P., Bengtson, D. A., Sorgeloos, P., Simpson, K. L. & Beck, A. D. 1987. The nutritional value of *Artemia*: a review. In: Sorgeloos, P., Bengtson, D.A., Decler, W., Jaspers, E. (Eds). *Artemia research and its applications. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture*, Universa. Press Wetteren, 3: 357–372.

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

López, C. M., Sampaio, E. V. 2000. Sobrevivência e crescimento larval do pacamã *Lophiosilurus alexandri* steindachner, 1876 (Siluriformes, Pimelodidae), em função de três densidades de estocagem em laboratório. *Acta Scientiarum*, 22: 491-494.

Luna-Figueroa, J. 2009. Nematodo de vida livre *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945): Una alternativa para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos. *Investigacion y Ciencia*, 45: 4-11.

Luz, R. K. & Santos, J. C. E. 2008. Densidade de estocagem e salinidade da água na larvicultura do pacamã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 903–909.

Luz, R. K., Santos, J. C. E., Pedreira, M. M. & Teixeira, E. A. 2011. Effect of water flow rate and feed training on “pacamã” (Siluriforme: Pseudopimelodidae) juvenile production. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia*, 63 (4): 973-979.

Luz, R. K. & Zaniboni Filho, E. 2001. Utilização de diferentes dietas na primeira alimentação do mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*, Lacépède). *Acta Scientiarum*, Maringá, 23 (2): 483-489.

Luz, R. K. & Zaniboni Filho, E. 2002. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2): 560-565.

Maciel, C. M. R. R. 2006. Ontogenia de larvas de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* Valenciennes (1849) (Characiformes, Characidae, Bryconinae). Tese de doutorado, Universidade Federal De Viçosa, Brasil. 229p.

Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - Brasil - Brasília. 60p.

Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, H. J., Kautsky, N., Beveridge, M. C. M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J. & Mooney, H. T. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017–1024.

Ostrensky, A., Borguetti, J. R., Soto, D. 2008. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília. 276p.

Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J. U., Sumaila, U. R. Walters, C. J., Watson, R. & Zeller, D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418: 689–695.

Pedreira, M. M., Sampaio, E. V., Epaminondas, J. C. S. & Pires, A. V. 2012. Larviculture of two neotropical species with different distributions in the water column in light- and dark-colored tanks. *Neotropical Ichthyology*, 10(2): 439-444.

Pedreira, M. M., Santos, J. C. E., Sampaio, E. V., Ferreira, F. N. & Silva, J. L., 2008. Efeito do tamanho da presa e do acréscimo de ração na larvicultura de pacamã. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 1144-1150.

Reyes O. S., Duray M. N., Santiago C. B. & Ricci M. 2011. Growth and survival of grouper *Epinephelus coioides* (Hamilton) larvae fed free-living nematode *Panagrellus redivivus* at first feeding, *Aquaculture International*, 19: 155-164.

Rottmann, R. W. 1998. Microworm culture for aquarium fish producers. IFAS Fact Sheet FA-9, University of Florida, Gainesville, Florida, USA. 2p.

Rottmann, R. W., Shireman, J. V. & Lincoln, E. P. 1991. Comparison of three live foods and two dry diets for intensive culture of grass carp and bighead carp larvae. *Aquaculture*, 96: 269–280.

Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240.

Samuel-Fitwi, B., Wuertz, S., Schroeder, J. P. & Schulz, C. 2012. Sustainability assessment tools to support aquaculture development. *Journal of Cleaner Production*, 32: 183.

Sanches, P. V., Nakatani, K. & Bialetzki, A. 1999 Morphological description of the developmental stages of *Parauchenipterus galeatus* (Linnaeus, 1766) (Siluriformes, Auchenipteridae) on the floodplain of the Upper Paraná River. *Revista Brasileira de Biologia*, 59 (3): 429-438.

Santiago, C. B., Ricci, M. & Reyes-Lampa, A. 2004. Effect of nematode *Panagrellus redivivus* density on growth, survival, feed consumption and carcass composition of bighead carp *Aristichthys nobilis* (Richardson) larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 20 (1): 22–27.

Santin, M., Bialetzki, A. & Nakatani, K. 2004. Mudanças ontogênicas no trato digestório e dieta de *Apareiodon affinis* (Steindachner, 1879) (Osteichthyes, Parodontidae). *Acta Scientiarum*, 26: 291-298.

Santos, H. B., Sampaio, E. V., Arantes, F. P. & Sato, Y. 2013. Induced spawning and reproductive variables of the catfish *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 (Siluriformes: Pseudopimelodidae). *Neotropical Ichthyology*, 11 (3): 607-614.

Santos, J. C. E. & Luz, R. K. 2009. Effect of salinity and prey concentrations on *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus costatus* and *Lophiosilurus alexandri* larviculture. *Aquaculture*, 287: 324-328.

Sato, Y. 1999. Reprodução de peixes da bacia do rio São Francisco: indução e caracterização de padrões. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UFSCar, São Carlos. 179p.

Sato, Y., Fenerich – Verani, N. & Godinho, H. P. 2003. Reprodução induzida de peixes da bacia do São Francisco, Pp. 275-289. In: H.P. Godinho & A.L. Godinho (Editores). Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais. Belo Horizonte, PUC Minas.

Sautter, J., Kaiser, H., Focken, U. & Becker, K. 2007. *Panagrellus redivivus* (Linne) as a live food organism in the early rearing of the catfish *Synodontis petricola* (Matthes). *Aquaculture Research*, 38 (6): 653–659.

Schlechtriem, C., Ricci, M., Focken, U., & Becker, K. 2004. Mass produced nematodes *Panagrellus redivivus* as live food for rearing carp larvae: preliminary results. *Aquaculture Research*, 35(6): 547–551.

Schütz, J. H., Weingartner, M., Zaniboni-Filho E. & Nuñez, A. P. O. 2008. Crescimento e sobrevivência de larvas de surubi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. *Boletim do Instituto de Pesca*, 34 (3): 443-451.

Seale, A., 1933. The brine shrimp *Artemia* as satisfactory live food for fishes. *Transaction American Fisheries Society*, 63: 129-130.

Senhorini, J. A. Mantelatto, L. F. M. & Casanova, S. M. C. 1998. Growth and survival of larvae of the amazon species "Matrinxã", *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae), in larviculture tanks of Brazil. *Boletim Técnico CEPTA*, 11, (1): 13-28.

Silva, J. M. A., Murgas, L. D. S., Felizardo, V. O., Pereira, G. J. M., Navaroo, R. D. & Mello, R. A. 2009. Características seminais e índices reprodutivos de curimba (*Prochilodus lineatus*) em diferentes períodos reprodutivos. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 10: 668–677.

Sipaúba-Tavares, L. H. 1993. Análise da seletividade alimentar em larvas de tambaqui (*colossoma macropomum*) e tambacu (híbrido, pacu - *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui - *colossoma macropomum*) sobre organismos zooplanctônicos. Acta Limnologica Brasiliensis, 6 (1): 114-132.

Sorgeloss P., Levans P., Leger P. & Tackaert, W. 1993. The use of *Artemia* in marine fish larviculture. TML Conference Proceedings, 3: 73–86.

Stappen, V. G. 1996. Use De Cyst. In: Lavens, P.; Sorgelos, P. (Ed). Manual on the production and use of live food for aquaculture, FAO Fisheries Technical Paper. Nº. 361. Rome, FAO. 4 (2): 107-123.

Stergiou, K. I. 2002. Overfishing, tropicalization of fish stocks, uncertainty and ecosystem management: resharpening Ockham's razor. Fisheries Research, 55, 1-3, 1-9.

Teletchea, F., Fontaine, P. 2014. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. Fish and Fisheries, 15: 181–195.

Tenório, R. A., Santos, A. J. G., Lopes, J. P. & Nogueira, E. M. S. 2006. Crescimento do niquim (*Lophiosilurus alexandri*) Steindachner 1876, em diferentes condições de luminosidade e tipos de alimentos. Acta Scientiarum. Biological Science, 28: 305- 309.

Vazzoler, A. E. A. M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM. 169p.

Watanabe, T. & Kiron, V. 1994. Prospects in larval fish dietetics. Aquaculture, 124: 223–251.

Wootton, R. J. 1998. Ecology of Teleost Fishes. 2ª Edn. Dordrecht, Kluwer. 392p.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J. & Watson, R. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800): 787-790.

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K. Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., Forgaty, M. J., Fulton, E. A., Hutchings, J. A., Jennings, S., Jensen, O. P., Lotze, H. K., Mace, P. M., McClanahan, T. R., Minto, C., Palumbi, S. R., Parma, A. M., Richard, D., Rosemberg, A. A., Watson, R. & Zeller, D. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science*, 325: 578–585.

Yoshimatsu, T., Kitajima, C. 1996. Effects of daily ration and frequency of artemia on the growth of mullet larvae. *Aquaculture International*, 4: 85-88.

Zaniboni-Filho, E. 2000 Larvicultura de peixes de água doce. *Informe Agropecuário*, 21 (203): 69-77.

Zaniboni-Filho, E., Reynalte-Tataje, D. & Weingartner, M., 2006. Potencialidad del género *Brycon* en la piscicultura brasileña. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19: 233-240.

2. Artigo a ser submetido ao periódico Aquaculture

Título: Influência do tipo e concentração do alimento na larvicultura do pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876

Pedro Gargur Santos Coroa¹, Sergio Antônio Medeiros Marinho² & Marcelo Fulgêncio Guedes de Brito¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe; ² Centro Integrado de Aquicultura e Recursos Pesqueiro – 5ª CII

2.1 Introdução

Dados históricos apontam a sobrepesca como um dos principais agentes responsáveis pelo declínio populacional de peixes comerciais (Jackson et al., 2001) proporcionado pela crescente demanda por proteína animal decorrente do aumento populacional mundial (FAO, 2014; Jensen et al., 2014). Novas tecnologias de captura foram desenvolvidas ao longo dos anos aumentando a eficiência da pesca, deixando os estoques pesqueiros cada vez mais vulneráveis (Pauly et al., 2002).

Nas últimas décadas políticas públicas foram fomentadas para reduzir a pressão sobre os estoques naturais (Pauly et al., 2002), direcionando os esforços para a aquicultura (Pereira, 2012). Com isso, a produção do pescado proveniente da aquicultura aumentou 12 vezes em aproximadamente 30 anos (FAO, 2012).

Apesar do crescente aumento na aquicultura, um dos gargalos está relacionado à alimentação das larvas, o que limita a manutenção da dinâmica produtiva na piscicultura (Lopez & Sampaio, 2000; Meurer et al., 2009). As baixas taxas de sobrevivência e os problemas de crescimento geralmente estão associados à carência de informações acerca da biologia na fase larval (Basile-Martins, 1978; Senhorini et al., 1998), principalmente quando se refere a disponibilidade da presa mais adequada na duas semanas iniciais (Lopes, 1994). O desenvolvimento e o aperfeiçoamento de tecnologias são fundamentais para aumento da produtividade, principalmente de espécies nativas, onde a aclimação é mais fácil e a aceitação no mercado consumidor é maior (Zaniboni-

Filho, 2000). O Brasil apresenta alta potencialidade para o desenvolvimento da atividade aquícola, tanto pela grande disponibilidade de recursos hídricos quanto pela riqueza de espécies de peixe (Buckup et al., 2007; Ostrensky, 2008). Na bacia hidrográfica do rio São Francisco, o bagre endêmico pacamã *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 se destaca dentre as espécies capturadas comercialmente (Godinho et al., 2003) pela alta qualidade da carne (Luz et al., 2011). A facilidade na criação e a reprodução contínua em cativeiro têm sido apontadas como uma das principais espécies da bacia com potencialidade para a aquicultura (Campeche et al., 2011), mas o desconhecimento em relação à alimentação dos alevinos tem sido apontado como um dos gargalos para seu cultivo (Meurer et al., 2009). Recentemente o status de conservação da espécie foi classificado como vulnerável em função da depleção em seus estoques naturais (MMA, 2014).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho de pós-larvas de *L. alexandri* a partir de diferentes dietas, concentrações e frequências alimentares, fornecendo subsídios técnicos à piscicultura e aos programas de propagação da espécie.

2.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura (CERAQUA), pertencente à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), no município de Porto Real do Colégio (AL), Brasil (10°12'07.70"S e 36°47'30.43"W).

Doze indivíduos adultos de *Lophiosilurus alexandri* foram capturados em ambiente natural no rio São Francisco, sexados e confinados na proporção sexual de 1:1 em tanques de alvenaria de 6 m³, com fundo coberto por areia e fluxo de água constante (260L/h). A alimentação das matrizes (postas de *Oreochromis niloticus*) foi fornecida pela manhã duas vezes por semana. A temperatura da água nos tanques das matrizes foi monitorada diariamente (27°C±0,41).

2.2.1 Obtenção das pós-larvas

As larvas de *L. alexandri* foram obtidas a partir de dois acasalamentos naturais (macho I: 50 cm e 2,045 kg; fêmea I: 55 cm e 2,635 kg; macho II: 50 cm e 1,940 kg; fêmea II: 53 cm e 2,565 kg) e apresentaram (I $18,71 \pm 1,67$ mg; $13,26 \pm 0,73$ mm e II $18,2 \pm 0,08$ mg; $13,9 \pm 0,74$ mm). Após a fertilização os ovos foram removidos do tanque das matrizes e transferidos para incubadoras de 15L com renovação contínua de água e temperatura constante de 28°C mantida através de aquecedor com termostato (Roxin HT 1900). Diariamente foi realizada a remoção de embriões e larvas mortos. Dois dias após a eclosão, com a abertura da boca e início da alimentação exógena, as pós-larvas (PL) foram transferidas para os experimentos.

2.2.2 Unidades experimentais (UE)

Os tratamentos foram realizados em unidades experimentais (UE) constituídas por secções de tubos de PVC de 15 cm de diâmetro por 24 cm de altura, com volume útil de 3 L³. A porção inferior foi fechada e duas pequenas aberturas na lateral superior foram cobertas com tela de 70 µm (Figura 1). Essas UE foram dispostas em um tanque de alvenaria de 1 m x 6 m e profundidade de 1 m e receberam água proveniente da mesma fonte durante todo o experimento.

Em cada etapa do experimento as UE foram dispostas aleatoriamente, por meio de sorteios em cinco colunas (A, B, C, D e E) e 10 linhas (1 a 10) (Figura 1). A troca de água nas UE foi realizada através de gotejamento na parte superior com renovação de 12 L/hora. Os parâmetros no tanque de experimento foram monitorados diariamente nas duas etapas (temperatura $27,57 \pm 0,80$ °C; oxigênio dissolvido $8,28 \pm 0,51$ mg/L; pH $7,39 \pm 0,20$). Todas UE foram mantidas no escuro (24h escuro: 0h luz) e cobertas com lona de cor preta que só foi retirada para alimentação e contagem das PL.

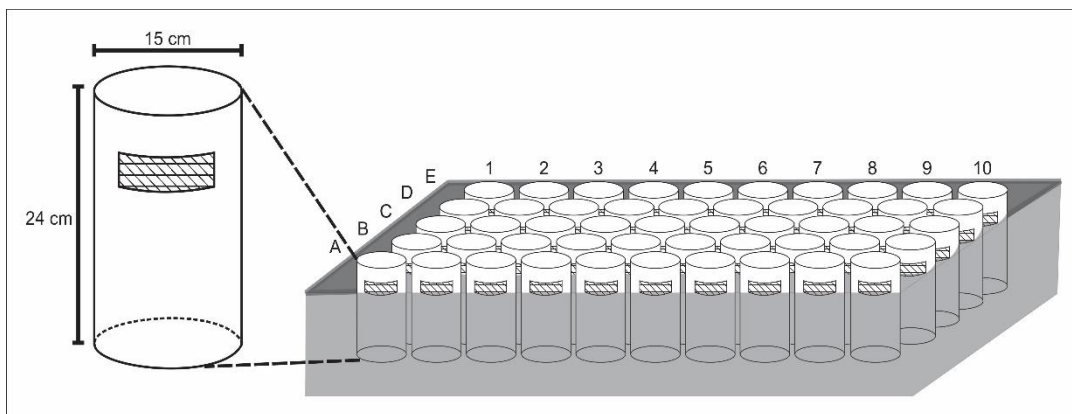


Figura 2. Esquema mostrando a disposição das unidades experimentais utilizadas na condução do estudo das pós-larvas de *L. alexandri*.

2.2.3 Produção de alimento vivo

Foram cultivados dois tipos de alimento para utilização no experimento. Cistos de *Artemia* sp. foram eclodidos diariamente em incubadoras de 2 L com água salinizada a 23 ppm e aeração contínua para fornecimento dos nauplios recém eclodidos às PL. Culturas do nematoide *Panagrellus redivivus* foram mantidas em recipientes plásticos (15 cm x 25 cm) e alimentadas com farinha de aveia e água. As formas adultas do nematoide foram fornecidas às PL.

Para a quantificação do número de nauplios de *Artemia*, 20 amostras de 0,5 ml foram retiradas e o número de indivíduos contados com auxílio de microscópio estereoscópico (média 324 ind/ml). O mesmo procedimento de quantificação em *P. redivivus* foi realizado com a contagem de 20 amostras de 0,1g diluída em 1 ml de água para facilitar a contagem (média 9.090 ind/g).

Para a equiparação do teor de proteína ofertado no experimento, a proporção do número de *Artemia* sp. para *P. redivivus* utilizada seguiu Focken et al. (2006), com 23 *P. redivivus*: 1 nauplio de *Artemia* sp.

2.2.4 Experimento

Uma parcela das PL (n=35) foi selecionada e utilizada para estabelecimento dos dados biométricos antes do início de cada etapa.

O experimento consistiu em (i) verificar o melhor alimento e (ii) identificar as proporções ideais do melhor alimento e da frequência de alimentação para as PL de *L. alexandri*. Cada experimento apresentou duração de 10 dias.

Para a determinação do melhor alimento, as PL de *L. alexandri* foram acondicionadas nas UE na densidade de 5 indivíduos/L (Luz et al., 2011) e submetidas a dois tipos de alimento ofertados três vezes ao dia. Os tratamentos utilizados foram com nauplios de *Artemia* sp. recém-eclodidos (AR) (500 nauplios/PL/dia), *P. redivivus* (PA) (11.500 nematoides/PL/dia); *Artemia* sp. e *P. redivivus ad libitum* (AF) (1500 nauplios/PL/dia; 34.500 nematoides/PL/dia); e um último tratamento sem oferta de alimento (WF). Cada tratamento contou com seis réplicas.

Na segunda etapa do experimento as PL de *L. alexandri* foram também acondicionadas nas UE na densidade de 5 indivíduos/L (Luz et al., 2011) e submetidas a diferentes concentrações (C) de alimento de acordo com o resultado do primeiro experimento: C₃₀₀ (300 nauplios de *Artemia* sp./PL/dia); C₅₀₀ (500 nauplios de *Artemia* sp./PL/dia); C₇₀₀ (700 nauplios de *Artemia* sp./PL/dia); ou C_{6.900} (6.900 *P. redivivus*/PL/dia); C_{11.500} (11.500 *P. redivivus*/PL/dia) e C_{16.100} (16.100 *P. redivivus*/PL/dia). Para cada concentração de alimento foram utilizadas três diferentes frequências alimentares (F): F₁ (uma alimentação diária), F₃ (três alimentações diárias) e F₆ (seis alimentações diárias), totalizando nove tratamentos e cada um com quatro réplicas.

2.2.5 Contagem e biometria

As PL de *L. alexandri* foram contadas diariamente às 0600h para oferta da quantidade exata de alimento em relação ao número de PL vivas e o fundo das UE foram sifonados para remoção de detritos. Às 0700h o alimento foi fornecido às PL com uma alimentação diária; 0700h, 1100h e 1600h três alimentações diárias; e 0700h, 0900h, 1100h, 1300h, 1500h e 1700h seis alimentações diárias. Ao final de cada etapa todas as larvas foram contadas, medidas e pesadas para determinar a sobrevivência (%), ganho de peso (mg), comprimento total (mm) e a taxa de crescimento específico (TCE) = $100 (\ln Pt_f - \ln Pt_i) / \Delta t$; onde (Pt_f) = peso final, (Pt_i) = peso inicial e (Δt) = tempo em dias (Kestmont and Stalmans, 1992).

2.2.6 Análise dos dados

Nas duas etapas utilizou-se a análise de variância (Anova) para identificar possíveis diferenças no peso, comprimento total e TCE entre os tratamentos. Diferenças significativas entre os tratamentos de cada etapa foram apontadas através do teste *post hoc* de Tukey. A sobrevivência em cada etapa foi analisada com base na distribuição de Weibull (Crawley, 2007). Todas as análises foram feitas no software R versão 3.1 (R Core Team, 2013) com nível de significância de $p < 0,05$.

2.3 Resultados

2.3.1 Tipo de alimento

Quando avaliada a preferência alimentar das PL de *L. alexandri*, os tratamentos que apresentaram a maior taxa de sobrevivência foram com alimento à vontade (AF) e com nauplios de *Artemia* sp. (AR) ($p > 0,05$). O tratamento sem oferta de alimento (WF) apresentou a maior taxa de mortalidade (87%), seguido do tratamento com oferta de *P. redivivus* (PA) com mortalidade de 16% ($X^2 = 196.48$; $p < 0,01$) (Figura 1). Em todos os tratamentos as PL de *L. alexandri* apresentaram natação em toda a coluna d'água da UE, sem canibalismo.

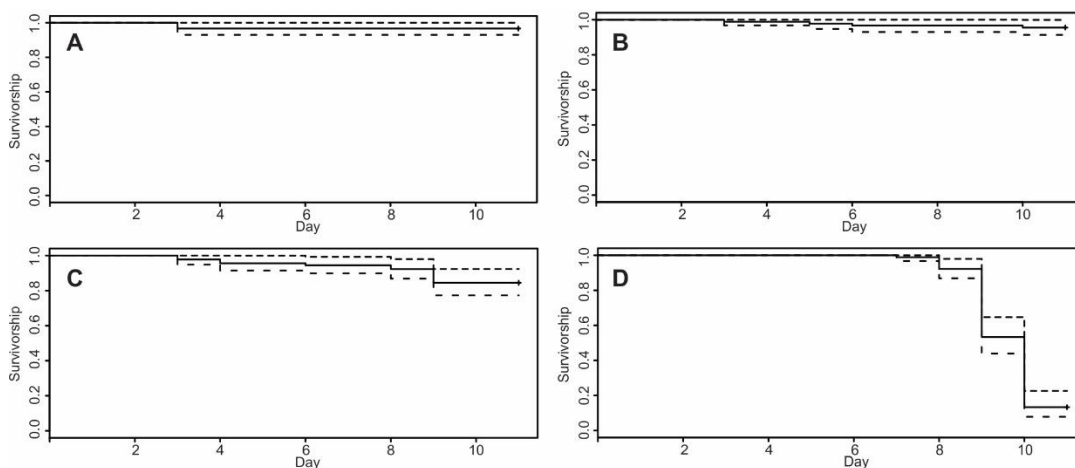


Figura 3. Percentual de sobrevivência de pós-larvas de *L. alexandri* após 10 dias de cultivo submetidos a diferentes composições alimentares: (a) alimento ad libitum, (b) *Artemia* sp., (c) *P. redivivus* e (d) sem alimento.

O peso ($F=371,13$; $p < 0,05$;) e o comprimento total ($F=79,31$; $p < 0,05$) das PL foram maiores nos tratamentos AF e AR (Tabela 1). Os tratamentos PA e WF

apresentaram os menores valores de peso e comprimento, com taxas de crescimento negativas com perda de peso após os 10 dias de alimentação. A maior TCE foi observada no tratamento AF que diferiu do tratamento AR ($F=105.97$; $p < 0,01$) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da sobrevivência, peso, comprimento e taxa de crescimento específico (TCE) de *Lophiosilurus alexandri* nos tratamentos Alimento *ad libitum* (AF), *Artemia* sp. (AR), *P. redivivus* (PA) e sem alimento (WF).

Tratamento	Sobrevivência	Peso final (mg)	Comprimento final (mm)	TCE (%/dia)
AF	96,67±5,6 ^a	73±5,29 ^a	19,39±0,93 ^a	2,73±0,04 ^a
AR	97,78±3,44 ^a	51,5±2,43 ^b	18,08±0,23 ^b	2,52±0,03 ^b
PA	84,44±18,22 ^b	18,5±0,84 ^c	14,65±0,23 ^c	*
WF	13,3±19,32 ^c	17,18±1,00 ^c	14,84±0,87 ^c	*

As médias na mesma coluna seguidas por letras diferentes diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. * = TCE negativa.

2.3.2 Frequência e concentração de presa

Após a escolha de nauplios de *Artemia* sp. como melhor alimento, foi realizado o teste de frequência e concentração de presas.

A sobrevivência de *L. alexandri* não foi influenciada pela frequência e concentração de presas durante os 10 dias de cultivo (Tabela 2). Peso, comprimento e TCE não apresentaram diferenças significativas na mesma concentração de presas com a variação da frequência alimentar, exceto o comprimento das PL na concentração de presas C_{500} ($p < 0,001$; $F=38,398$) (Tabela 2). Diferenças significativas foram observadas quando avaliada a mesma frequência alimentar com diferentes concentrações de presas para peso ($p < 0,001$; $F=46,63$), comprimento e TCE ($p < 0,001$; $F=36,91$), com melhor desempenho para todas as variáveis na maior concentração de presas ($C_{300} < C_{500} < C_{700}$) (Tabela 2).

Tabela 2. Médias e desvio padrão das interações entre frequência e concentração de presas relacionados à sobrevivência, peso, comprimento total e taxa de crescimento específico (TCE) de *Lophiosilurus alexandri* após dez dias de alimentação.

Frequência alimentar	Concentração de presas		
	<i>C</i> ₃₀₀	<i>C</i> ₅₀₀	<i>C</i> ₇₀₀
	Peso (mg)		
<i>F</i> ₁	33,5±0,58 ^{Aa}	44±1,41 ^{Ba}	52±3,74 ^{Ca}
<i>F</i> ₃	36,75±0,96 ^{Aa}	42,25±1,24 ^{Ba}	58±1,83 ^{Ca}
<i>F</i> ₆	34,75±2,06 ^{Aa}	42,5±3,87 ^{Ba}	56,75±3,4 ^{Ca}
	Comprimento (mm)		
<i>F</i> ₁	16,98±0,2 ^{Aa}	18,69±0,69 ^{Ba}	19,02±0,29 ^{Ca}
<i>F</i> ₃	17,25±0,29 ^{Aa}	17,56±0,13 ^{Ab}	19,43±0,18 ^{Ba}
<i>F</i> ₆	17,1±0,44 ^{Aa}	17,83±0,46 ^{Bc}	19,16±0,39 ^{Ca}
	TCE (%/dia)		
<i>F</i> ₁	2,16±0,17 ^{Aa}	2,4±0,08 ^{Ba}	2,52±0,08 ^{Ca}
<i>F</i> ₃	2,25±0,13 ^{Aa}	2,35±0,16 ^{Ba}	2,59±0,07 ^{Ca}
<i>F</i> ₆	2,19±0,19 ^{Aa}	2,34±0,18 ^{Ba}	2,58±0,08 ^{Ca}

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade: *C*₃₀₀: 300 nauplios de artemia/larva de *L. alexandri*/dia; *C*₅₀₀: 500 nauplios de artemia/larva de *L. alexandri*/dia; *C*₇₀₀: 700 nauplios de artemia/larva de *L. alexandri*/dia; *F*₁: Alimento ofertado uma vez ao dia; *F*₃: Alimento ofertado três vezes ao dia; *F*₆: Alimento ofertado seis vezes ao dia.

4. Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram melhor desempenho na utilização de nauplios de *Artemia* sp. em relação ao nematoide *P. redivivus* como alimento para PL de *L. alexandri*. Apesar das PL de *L. alexandri* aceitarem *P. redivivus* como alimento, o uso de nauplios de *Artemia* sp. possibilitou melhor desempenho após 10 dias de alimentação. A maioria das espécies cultivadas necessitam de alimento vivo como primeira alimentação exógena (Sorgeloos et al., 2001). Algumas espécies se orientam pela visão para se alimentar, e por isso, detectam alimentos vivos mais facilmente em resposta a seus movimentos (Brüggemann, 2012). A maioria dos bagres apresenta olhos reduzidos, mas elevado número de receptores gustativos na superfície de corpo, com maiores densidades nos barbilhões e na região da cabeça (Atema, 1971). A maior motilidade que os nauplios de *Artemia* sp. apresentam em relação a *P.*

redivivus parece favorecer a capturabilidade pelas larvas de *L. alexandri* através dos seus receptores químicos, resultando em melhor desempenho no ganho de peso e tamanho. O posicionamento dorsal da boca de *L. alexandri* pode também estar relacionado ao melhor desempenho de predação, uma vez que nauplios de *Artemia* sp. apresentam deslocamento na coluna d'água, enquanto *P. redivivus* estão relacionados ao substrato.

Mesmo utilizando uma relação para equiparar o teor de proteína dos tratamentos alimentados com *P. redivivus* e *Artemia* sp., as maiores taxas de sobrevivência e desempenho de *L. alexandri* foram observadas nos tratamentos que receberam *Artemia* sp. Experimentos testando a eficiência destes dois alimentos vivos em PL de outras espécies de peixe apresentaram resultados similares, com desenvolvimento moderado quando *P. redivivus* foi ofertado em relação às PL alimentadas com *Artemia* sp. (Santiago et al., 2003; Schlechtriem et al., 2005; Sautter et al., 2007). A razão para um menor desempenho pode também estar relacionada ao fato do trato digestório das PL ainda não apresentar as funções completamente ativas com restrições para digerirem alimentos mais complexos, como por exemplo, microvermes que possuem cutículas compostas por diferentes camadas (Dabrowski, 1984; Govoni et al., 1986). Outro fator que pode influenciar o desenvolvimento moderado de PL alimentadas com *P. redivivus* em comparação com *Artemia* sp. é o nível de proteína bruta, que no nematoide é de 43% contra 52% na *Artemia* sp. (Kahan and Appell, 1975), resultando em maior desenvolvimento.

A grande utilização de *Artemia* sp. como alimento vivo é justificada pela praticidade do manejo e o seu alto valor nutritivo (Sorgeloos, 1983; Bengtson et al., 1991; Sorgeloos and Leger, 1992; Sorgeloos et al., 1993; Watanabe and Kiron, 1994). Aliado a isso, o formato peculiar do corpo e a variação de tamanhos torna o uso da *Artemia* sp. bastante versátil, desde nauplios até estágios mais avançados de acordo com o crescimento do predador (Léger et al., 1986). É necessário considerar que o sucesso da aplicação de *P. redivivus* como dieta larval de peixes se restringe aos primeiros dias de vida. O tamanho do nematoide *P. redivivus* é uma característica vantajosa, tornando-o adequado para larvas que preferem itens alimentares muito pequenos (Brüggemann, 2012), uma vez que apresentam diâmetro médio do corpo de 50 µm e comprimento variando entre 50 e 2000 µm dependendo do sexo e do estágio de desenvolvimento (Sautter et al., 2007). Após esta fase inicial de alimentação exógena, outro tipo alimento que satisfaça as necessidades nutricionais deve ser ofertado (Luna-Figueroa, 2009).

Apesar da maioria dos estudos mostrarem o melhor desempenho de *Artemia* sp. em relação a *P. redivivus*, há estudos com desempenho similar para os dois tipos de alimento (Sautter et al., 2007).

Durante os 10 dias de cultivo o tratamento que não recebeu alimento apresentou baixa sobrevivência e TCE. De acordo com Gisbert et al. (2004) a ausência de alimento nos primeiros dias de vida pode causar deformidades morfológicas, retardo do crescimento e baixa sobrevivência. As PL deste tratamento apresentaram sobrevivência de 73% no sétimo dia de cultivo. Luz (2007) identificou mortalidade total em larvas de *P. corruscans* após aproximadamente sete dias de privação alimentar, e para *A. ocellatus* observou peso inferior quando comparadas aquelas que se alimentaram de *Artemia* sp. A capacidade que larvas tem de suportar períodos de privação alimentar é crucial para a sobrevivência e crescimento (Chen et al., 2007), embora deva ser evitado antes do seu completo desenvolvimento (Blaxter and Hempel, 1963). A resistência da larva durante o período de privação alimentar pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento e espécie (Shan et al., 2008). A falta de nutrientes deste período resulta na ativação das vias para obtenção de energia a partir das reservas corporais armazenadas (Salway, 2004), afetando a taxa de crescimento (Johansen and Overturf, 2006) e o tecido muscular (Hornick et al, 2000) devido a degradação de proteínas musculares para fins energéticos (Weatherley and Gill, 1987).

O efeito da frequência alimentar pode ser uma variável com distinções de acordo com a espécie (Manley et al., 2015), uma vez que as espécies podem apresentar variações circadianas na procura pelo alimento (Boujard, 1995). No presente trabalho PL de *L. alexandri* apresentaram atividade alimentar em todos os momentos de fornecimento da *Artemia* sp. O aumento da quantidade ou do número de refeições diárias propicia o aumento da frequência dos encontros entre PL e alimento, proporcionando assim um maior tempo de saciedade para as PL (Hecht and Pienaar, 1993; Baras and Jobling, 2002). A frequência de fornecimento dos nauplios de *Artemia* sp. em uma mesma concentração de presas não influenciou a sobrevivência, peso, comprimento e TCE das PL de *L. alexandri*, sendo necessário apenas uma alimentação diária para que elas atingissem um desempenho satisfatório. Como observado no presente trabalho, algumas espécies carnívoras não demonstraram diferenças no desempenho quando testado a frequência alimentar, como *Scophtalmus maximus* (Benavente and Gatesoupe, 1988) e *Salmo salar* (Thomassem and Fjaera, 1996). Entretanto, Luz and Portella (2005) observaram que larvas de *Hoplias lacerdae*

alimentadas duas, três ou quatro vezes por dia proporcionaram maior peso final quando comparado a larvas que se alimentaram apenas uma vez. A fragmentação do alimento diário fornecido para larvas de peixe deve ser bem avaliada. Peixes alimentados insuficientemente ou em excesso podem ter o crescimento afetado e a eficiência alimentar reduzida, ocasionando aumento no custo de produção e redução na qualidade da água (Lee et al., 2000). A frequência alimentar ideal atua positivamente no aproveitamento da mão-de-obra, fator que contribui de forma significativa para a redução de custo de produção de alevinos (Jomori et al., 2005).

A concentração de presas é um dos parâmetros mais importantes a serem pesquisados durante o cultivo nos dias iniciais de vida, pois determina a velocidade de crescimento de larvas de peixe (Kestemont and Awaïss, 1989; Santos and Luz, 2009). No presente estudo, houve incremento de peso, comprimento e TCE com aumento da concentração de presas. Estudos avaliando os mesmos parâmetros também apresentaram resultados similares (Kestemont and Awaïss, 1989; Yoshimatsu and Kitajima, 1996; Cestarolli et al., 1997; Santos and Luz, 2009), demonstrando uma relação direta entre oferta alimentar e aumento destes parâmetros.

Isso mostra a importância da abundância do alimento para maximizar as oportunidades de ingestão e propiciar melhor rendimento (Sorgeloos et al., 1993). Em contrapartida, uma taxa elevada de oferta de alimento também pode induzir a um baixo crescimento e sobrevivência. Para isso é necessário o conhecimento das densidades adequadas do alimento para que satisfaça as necessidades das PL (Slembrouck et al., 2009), uma vez que *Artemia* sp. é um organismo marinho e seu tempo de vida em água doce é reduzido drasticamente (Stappen, 1996; Treece, 2000). Com a morte dos nauplios de *Artemia* sp. ocorre redução da disponibilidade de alimento juntamente com a redução da qualidade da água devido à decomposição (Luz and Portela, 2002). Mesmo ingerido nauplios mortos, as propriedades nutricionais são reduzidas devido à oxidação dos ácidos graxos e degradação das proteínas (Kerdchuen and Legendre, 1994). A utilização de água ligeiramente salinizada (0,5 a 5 ppm) é uma alternativa viável para melhor aproveitamento dos nauplios de *Artemia* sp., uma vez que a água salinizada aumenta o tempo de vida dos náuplios (Beux and Zaniboni Filho, 2006). Resultados promissores foram obtidos com algumas espécies (Luz and Portella, 2002; Weingartner and Zaniboni Filho, 2004; Santos and Luz, 2009).

Os resultados do presente estudo mostraram que a associação adequada entre concentração de presas e frequência alimentar desempenha um papel importante no crescimento das PL de *L. alexandri*. A oferta de uma alimentação diária com maior a concentração de presas mostrou-se o melhor tratamento em custo-benefício. O cultivo de *L. alexandri* deve ser incentivado em toda a Bacia Hidrográfica do São Francisco, uma vez que é uma espécie nativa, rústica, com alta aceitação no mercado e baixo custo na sua reprodução porque reproduz naturalmente em tanques. A redução dos seus estoques naturais decorrente de ações antrópicas (e.g. barramentos, retirada da vegetação marginal, assoreamento) reforça a importância de programas de repovoamento na tentativa de restaurar as populações naturais e fazer com que *L. alexandri* volte a figurar dentre as espécies exploradas comercialmente na Bacia do rio São Francisco.

5. Agradecimentos

À equipe do Laboratório de Ictiologia da UFS pelo auxílio durante o experimento. Daniel Santana pela elaboração da Figura 1. Leandro Sousa pelo auxílio nas análises estatísticas. CERAQUA 5ª CII pelo suporte logístico. PPEC/UFS e CNPq (Proc.46/008/2014-9) pelo suporte financeiro. FAPITEC/SE pela bolsa de mestrado (PGSC).

6. Referências Bibliográficas

- Atema, J., 1972. Structures and functions of the sense of taste in the catfish (*Ictalurus natalis*). Brain Behav. Evol. 4: 273-293.
- Baras, E., Jobling, M., 2002. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. Aquac. Res. 33 (7), 461–479.
- Basile-Martins, M.A., Yamanaka, N., Jacobsem, O., Ishikawa, C.M., 1978. Observações sobre a alimentação e a sobrevivência de larvas de pacu (*Piaractus*

mesopotamicus) (Holmber, 1887), (*Colossoma mitrei*. Berg, 1895). Bol. Inst. Pesca, 14, 63-68.

Benavente, G.P., Gatesoupe, F.J., 1988. The continuous distribution of rotifers increases the essential fatty acid reserve of turbot larvae, *Scophthalmus Maximus*. Aquaculture 72, 109-114.

Bengtson, D.A., Léger, P., Sorgeloos, P., 1991. Use of *Artemia* sp. as a food source for aquaculture. In: CRC Press Inc. (Ed.). *Artemia biology*. 1.ed. Boca Raton: CRC Press Inc. 3, 255-285.

Beux, L.F., Zaniboni Filho, F., 2006. Influência da baixa salinidade na sobrevivência de náuplios de *Artemia* sp. Bol. Inst. Pesca, 32, 73-77.

Blaxter, J.H.S., G. Hempel., 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). — J. cons. perm. mt. Explor. Met 28: 211-240.

Boscolo, W.R., Signor, A., Freitas, J.M.A., 2011. Nutrição de peixes nativos. Rev. Bras. Zoot. 40, 145-154.

Boujard, T., 1995. Diel rhythms of feeding activity in the European catfish, *Silurus glandis*. Physiol. and Behav. 58, 641- 645.

Brüggemann, J., 2012. Nematodes as live food in larvae culture: a review. J. World Aquacult. Soc. 43, 739–753.

Buckup, P. A., Menezes, N. A., Ghazzi, M. S. (Eds.), 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Série Livros 23, Museu Nacional, Rio De Janeiro.

Campeche, D.F.B., Balzana, L., Figueiredo, R.C.R., Barbalho, M.R.S., Reis, F.J.S., Melo, J.F.B., 2011. Peixes nativos do rio São Francisco adaptados para cultivo. EMBRAPA. pp. 20.

Cestarolli, M.A., Portella, M.C., Rojas, N.E.T., 1997. Efeito do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de Curimbata (Prochilodus scrofa) (Steindachner, 1881). B. Inst. Pesca 24, 119–129.

Chen, B.N., Qin, J.G., Carragher, J.F., Clarke, S.M., Kumar, M.S., Hutchinson, W.G., 2007. Deleterious effect of food restrictions in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* during early development. Aquaculture 271:326–335.

Crawley M.J., 2007. The R book. John Wiley e Sons, London, UK.

Cyrino, J.E.P., 2000. Conceitos atuais e perspectivas da alimentação e nutrição de peixes carnívoros. In: Seminário internacional sobre a aqüicultura na Amazônia: anais do SISAA. pp. 139.

Dabrowski, K., 1984. The feeding of fish larvae: present "state of the art" and perspectives. Reprod. Nut. Develop. 24, 807-833.

FAO SOFIA, 2012. The state of world fisheries and aquaculture Report, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.

FAO SOFIA, 2014. The state of world fisheries and aquaculture Report, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.

Focken, U., Schlechtriem, C., von Wuthenau, M., Garcia-Ortega, A., Puello-Cruz, Becker, K., 2006. P.r. mass produced on solid media as live food for *Litopenaeus vannamei* larvae. Aquacult. Resear. 37, 1429–1436.

Gisbert E., Piedrahita R.H. Conklin D.E., 2004. Ontogenetic development of the digestive system in California halibut (*Paralichthys californicus*) with notes on feeding practices. Aquaculture 232, 455-470

Godinho, A.L., Brito, M.F.G., Godinho, H.P., 2003. Pesca nas corredeiras de Buritizeiro: da ilegalidade à gestão participativa. In: Águas, peixe e pesca no São

Francisco das Minas Gerais. H. P. Godinho and A. L. Godinho (Eds). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte pp. 347–360.

Gomes, L.C., Golombieski, J.I., Chippari Gomes, A.R., Baldisserotto, B., 2000. Biologia do jundiá (*Ramdia quelen*) (teleostei, pimelodidae). Ciê. Rur. 30, 179-185.

Govoni, J.J., Boehler, G.W., Watanabe, Y., 1986. The physiology of digestion in fish larvae. Environ. Bio. Fish. 16, 59-77.

Hecht, T., Pienaar, A., 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. J. World Aquacult. Soc. 24 (2), 246–261.

Hornick, J.L., Van Eenae, C., Gérard, O., Dufrasne, I., Istasse, L., 2000 Mechanisms of Reduced and Compensatory Growth. Domestic Animal Endocrinology. 19:121-132.

Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange C.B., Lenihan H.S., Pandolfi, J.M. Peterson C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J., Warner, R.R., 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. Science 293, 629.

Jensen, F., Nielsen M., Nielsen, F., 2014. Increased competition for aquaculture from fisheries: Does improved fisheries management limit aquaculture growth. Fish. Resear. 159, 25-33.

Johansen, K., Overturf, K., 2006. Alterations in expression of genes associated with muscle metabolism and growth during nutritional restriction and re-feeding in rainbow trout. Comp. Biochem. Physiol. 144: 119-127.

Jomori, R.K., Carneiro, D.J., Malheiros, E.B., Portella, M.C., 2005. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. Aquaculture 234, 175–183.

Kahan, D., Appel, Z., 1975. The value of *Panagrellus* sp. (Nematoda) as food for fish, in: Persoone, G. *et al.* (Eds). Proceedings of the 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, 1. Research in mariculture at laboratory- and pilot scale 243-253.

Kerdchuen, N., Legendre, M., 1994. Larval rearing of an African catfish, (*Heterobranchus longifilis*) (Teleostei, Clariidae): a comparison between natural and artificial diet. *Aquat. Living Resour.* 7, 247 – 253.

Kestemont, P., Awaïss, A., 1989. Larval rearing of the Gudgeon, (*Gobio gobio* L.), under optimal conditions of feeding with rotifer, (*Brachionus plicatilis*) O. F. Müller. *Aquaculture* 83, 305–318.

Kestmont, P., Stalmans, J.M., 1992. Initial feeding of European minnow larvae (*Phoxinus phoxinus* L.) Influence of diet and feeding level. *Aquaculture* 104, 327-340.

Lee, S.M., Hwang, U.G., Cho, S.H., 2000. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile korean cockfish (*Sebastes Schlegeli*). *Aquaculture* 187, 399-409.

Léger, P., Bengtson, D.A., Simpson, K.L. Sorgeloos, P., 1986. The use and nutritional value of *Artemia* as a food source. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 24, 521–623.

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

Luna-Figueroa, J., 2009. Nematodo de vida libre *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945): Una alternativa para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos. *Invest. y Cie.* 45, 4-11.

Luz, R.K., 2007. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentados com diferentes dietas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 65-72.

Luz, R.K., Portella, M.C., 2002. Larvicultura de trairão (*Hoplias Lacerdae*) em água doce e água salinizada. Rev. Bras. Zoot. 31 (2), 829-834.

Luz, R.K., Portella, M.C., 2005. Frequência Alimentar Na Larvicultura De Trairão (*Hoplias Lacerdae*). Rev. Bras. de Zoot. 34, 1442-1448.

Luz, R.K., Santos, J.C.E., Pedreira, M.M., Teixeira, E.A., 2011. Effect of water flow rate and feed training on “pacamã” (Siluriforme: Pseudopimelodidae) juvenile production. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 63 (4), 973-979.

Manley, C.B., Rakocinski, C.F., Lee, P.G. Blaylock, R.B., 2015. Feeding frequency mediates aggression and cannibalism in larval hatchery-reared spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*. Aquaculture, 437, 155-160.

Meurer, F., Oliveira, S. T. L., dos Santos, L. D., de Oliveira, J. S., Colpini, L. M. S. 2010. Níveis de oferta de pós-larvas de tilápia do Nilo para alevinos de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*). Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária) Brazilian Journal of Agricultural Sciences, 5(1): 111-116.

Ministério do Meio Ambiente, 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção - Peixes e Invertebrados Aquáticos pp. 5.

Ostrensky, A., Borghetti J.R., Soto, D., 2008. Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer – Brasília. pp. 276.

Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., U., Sumaila, U.R. Walters, C.J., Watson, R., Zeller, D., 2002. Towards sustainability in world fisheries. Nature. 418, 689–695.

Pereira, L.G.C., 2012. Pesca e aquicultura no Brasil. Câmara dos deputados – Brasília. pp. 21.

Salway, J.G., 2004. Metabolism at a Glance, 3rd ed. Blackwell Publishing Ltd., Malden, MA.

Santiago, C.B., Gonzal A.C., Ricci, M., Harpaz, S., 2003. Response of bighead carp *Artisticthys nobilis* and Asian catfish *Clarias macrocephalus* larvae to free-living nematode *Panagrellus redivivus* as alternative feed. J. of App. Ichthyol. 19, 239-243.

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

Sautter, J., Kaiser, H., Focken, U., Becker, K., 2007. *Panagrellus redivivus* (Linne) as a live food organism in the early rearing of the catfish *Synodontis petricola* (Matthes). Aquacult. Resear. 38 (6), 653–659.

Schlechtriem, C., Ricci, M., Focken, U., Becker, K., 2004. The suitability of the free living nematode *Panagrellus redivivus* as live food for first-feeding fish larvae. J of App. Ichthyol. 20, 161-168.

Senhorini, J.A. Mantelatto, L.F.M., Casanova, S.M.C., 1998. Growth and survival of larvae of the amazon species "Matrinxã", *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae), in larviculture tanks of Brazil. Bol. Téc. CEPTA. 11 (1), 13-28.

Shan, X.J., Xiao, Z.Z., Huang, W., Dou, S.Z., 2008. Effects of photoperiod on growth, mortality and digestive enzymes in miiuy croaker larvae and juveniles. Aquaculture 281: 70–76.

Slembrouck, J., Baras, E., Subagja, J., Hung, L.T., Legendre, M., 2009. Survival, growth and food conversion of cultured larvae of (*Pangasianodon hypophthalmus*), depending on feeding level, prey density and fish density. Aquaculture 294, 52–59.

Sorgeloos, P., 1983. Live animal food rearing in aquaculture: the brine shrimp *Artemia*. In: M. Bilio., Rosental, H., Sindrmann, C., (Eds), Realism in Aquaculture: Achievements, Constraints, Perspectives. In Press.

Sorgeloos, P., Dhert, P., Candreva, P., 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200, 223–251.

Sorgeloos, P., Leger, P., 1992. Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn. *J. World Aquacult. Soc.* 23, 251–264.

Sorgeloos P., Levans P., Leger P., Tackaert W., 1993. The use of *Artemia* in marine fish larviculture. *TML Conf. Proceed.* 3, 73–86.

Stappen, V.G., 1996. Use the cyst. In: Lavens, P.E., Sorgeloos, P. (Eds). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Rome: FAO. FAO Fish. Tech. Pap. 361, 79-123.

Thomassen, J.M., Fjaera, S.O., 1996. Studies of feeding frequency for atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacult. Eng.* 15 (2), 149-157.

Treece, G.D., 2000. *Artemia* production for marine larval fish culture. SRAC: Southern Regional Aquaculture Center, Publication N° 702.

Watanabe, T., Kiron, V., 1994. Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture* 124, 223–251.

Weatherley, A.H., H.S. Gill., 1987. *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London, pp: 14-21.

Weingartner, M., Zaniboni Filho, E., 2004. Efeito de fatores abióticos na larvicultura de pintado amarelo (*Pimelodus maculatus*) (Lacépède, 1803): salinidade e cor de tanque. *Acta Sci.* 26, 151–157.

Yoshimatsu, T., Kitajima, C., 1996. Effects of daily ration and frequency of *artemia* on the growth of mullet larvae. *Aquacult. Int.* 4, 85-88.

Zaniboni-Filho, E., 2000. Larvicultura de peixes de água doce. *Informe Agropec.* 21 (203), 69-77.

7. Aquaculture: normas para publicação

Aquaculture - ISSN: 0044-8486

Guide for Authors

Types of paper

Original Research Papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere. Articles are expected to contribute new information (e.g. novel methods of analysis with added new insights and impacts) to the knowledge base in the field, not just to confirm previously published work.

Review Articles can cover either narrow disciplinary subjects or broad issues requiring interdisciplinary discussion. They should provide objective critical evaluation of a defined subject. Reviews should not consist solely of a summary of published data. Evaluation of the quality of existing data, the status of knowledge, and the research required to advance knowledge of the subject are essential.

Short Communications are used to communicate results which represent a major breakthrough or startling new discovery and which should therefore be published quickly. They should not be used for preliminary results. Papers must contain sufficient data to establish that the research has achieved reliable and significant results.

Technical Papers should present new methods and procedures for either research methodology or culture-related techniques.

The *Letters to the Editor* section is intended to provide a forum for discussion of aquacultural science emanating from material published in the journal.

Contact details for submission

Papers for consideration should be submitted via the electronic submission system mentioned below to the appropriate Section Editor:

Nutrition:

D.M. Gatlin

The Nutrition Section welcomes high quality research papers presenting novel data as well as original reviews on various aspects of aquatic animal nutrition relevant to aquaculture. Manuscripts addressing the following areas of investigation are encouraged:

- 1) determination of dietary and metabolic requirements for various nutrients by representative aquatic species. Studies may include environmental/stress effects on animal's physiological responses and requirements at different developmental stages;
- 2) evaluation of novel or established feedstuffs as well as feed processing and manufacturing procedures with digestibility and growth trials. Such studies should provide comprehensive specifications of the process or evaluated ingredients including nutrients, potential anti-nutrients, and contaminants;
- 3) comparison of nutrient bioavailability from various ingredients or product forms as well as metabolic kinetics of nutrients, food borne anti-nutrients or toxins;
- 4) identification of key components in natural diets that influence attractability, palatability, metabolism, growth reproduction and/or immunity of cultured organisms;
- 5) optimization of diet formulations and feeding practices;

- 6) characterization of the actions of hormones, cytokines and/or components in intracellular signaling pathway(s) that influence nutrient and/or energy utilization.
- 7) evaluation of diet supplementation strategies to influence animal performance, metabolism, health and/or flesh quality.

Manuscripts concerning other areas of nutrition using novel or advanced methods are also welcome. Please note that in regard to various diet additives such as probiotics, prebiotics, herbal extracts, etc., a very large number of papers have already been published. Therefore, Aquaculture will not continue to accept manuscripts that present initial and preliminary investigations of such additives. Manuscripts addressing these and other feed additives will be accepted for review only if they are of the highest scientific quality and they represent a significant advance in our knowledge of the mechanisms involved in their metabolism. Manuscripts may also be considered if they present clinical efficacy data generated in large-scale trials and economic cost-benefit analysis of these applications.

Aquaculture Production Science:

B.Costa-Pierce

AQUACULTURE PRODUCTION SCIENCE (PS) is one of 5 sections of the international journal AQUACULTURE dedicated to research on improvements and innovations in aquatic food production.

This section supports worldwide dissemination of the results of innovative, globally important, scientific research on production methods for aquatic foods from fish, crustaceans, mollusks, amphibians, and all types of aquatic plants. Contributions are encouraged in the following areas: 1) Improvement of production systems that results in greater efficiencies of resource usage and sustainability of aquaculture; 2) Effective applications of technologies and methods of aquaculture production for improved stocking regimes; 3) The use of new species and species assemblages; and, 4) Investigations to minimize aquaculture wastes and improve water quality, including technologies for nutrient recycling in aquaculture ecosystems, and potential synergy of aquaculture and other food production systems using methods such as polyculture and integrated aquaculture. Aspects of seafood processing and technology will not be considered in this section although aquaculture techniques that may influence the nutritional value of aquatic food products may be considered in the Nutrition Section.

Physiology:

Fish: A. P. (Tony) Farrell

Invertebrates: J. Benzie

The Physiology Section welcomes high quality papers that present either novel research data or original reviews. The content must be relevant to solving aquaculture problems on all aspects of the physiology of cultured aquatic animals and plants.

Submitted manuscripts must have a valid hypothesis or objective, clearly state the relevance to aquaculture, have proper experimental design with appropriate controls and utilize appropriate statistical analysis. Mention of trade names is limited to the main text.

Relevant physiological topics include, but are not limited to:

- Reproductive and endocrine physiology, including control of development and sex differentiation, induced ovulation and spermiation, gamete quality, storage and cryopreservation, physiology of gynogenetic, and triploid and transgenic organisms
- Cardiorespiratory, muscle and exercise physiology
- Osmoregulatory physiology
- Digestive physiology, including endocrine and environmental regulation of growth
- Larval physiology and ontogeny, including metamorphosis, smolting and molting
- Performance under variable culture conditions, including temperature, water quality, rearing density, and stress and disease physiology
- Physiology of harvest and handling techniques

Genetics:

G. Hulata

The Genetics Section welcomes high-quality research papers presenting novel data, as well as critical reviews, on various aspects of selective breeding, genetics and genomics. Submitted manuscripts must have a valid hypothesis or objective, clearly state the relevance to aquaculture, have proper experimental design with appropriate sample size and controls and utilize appropriate statistical analysis.

Relevant genetics topics include, but are not limited to:

- Breeding programs using classic selection procedures, markers or combining marker assisted selection with classic selection
- Applications of crossbreeding and interspecific hybridization
- Evaluation of commercially important phenotypes among cultured strains, populations or stocks
- Applications of biotechnology and genetic manipulation methods
- Development of linkage maps, identification of QTL or association of commercially important traits with specific gene(s). Where appropriate, linkage maps should include co-dominant markers, such as microsatellite DNA and SNP markers, to enable application to other populations and facilitate comparative mapping.

Aquaculture will NOT accept manuscripts dealing with the application of well-described techniques to yet another species, unless the application solves a specific biological problem important to aquaculture production; or manuscripts dealing with gene cloning, characterizing of microsatellites, species identification using molecular markers, EST papers with small collections, or mapping papers with a small number of markers, unless the papers also deal with solving a biological problem that is relevant to aquaculture production.

Aquaculture will not accept manuscripts focusing mainly on population genetics studies that are based on RAPD and AFLP markers, since the dominance and multilocus nature of the fingerprints are not suitable for making inferences about population genetic diversity and structure.

Sustainability and Society:

D.C. Little

The Sustainability and Society section of the journal Aquaculture invites articles at the interface of natural and social sciences that address the broader roles of aquaculture in global food security and trade.

Aims and scope of the Sustainability and Society section are the: global dissemination of interdisciplinary knowledge regarding the management of aquatic resources and resulting impacts on people. Interconnections with other sectors of food production; resource management and implications for societal impact. Going beyond a narrow techno-centric focus, towards more holistic analyses of aquaculture within well-defined contexts. Enquiry based on understanding trajectories of change amid the global challenges of climate change and food security. Mixed methods and approaches that incorporate and integrate both social and natural sciences. Relevance for the diverse range of policy makers, practitioners and other stakeholders involved. Articles that take a value chain approach, rather than being wholly production orientated, are encouraged.

Disease

B. Austin

The Disease sections welcomes critical reviews and high quality articles containing novel data on all aspects concerning diseases of farmed aquatic species. The aims of the section are: description of new and emerging diseases including characterization of the causal agent(s), development in the understanding of fish pathogens for example including new methods of growth where this has been a problem for fastidious organisms, pathogenicity and epizootiology, developments in the diagnosis of disease going beyond the use of standard well used methods, and methods of disease control, notably new developments in vaccines, immunostimulants, dietary supplements, medicinal plant products, probiotics, prebiotics and genetically-disease resistant stock. Relevance to aquaculture must be demonstrated. Articles, which adapt well known methods without further refinement of those methods, are unlikely to be accepted.



Before You Begin

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Human and animal rights

If the work involves the use of animal or human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; EU Directive 2010/63/EU for animal experiments http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm; Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals <http://www.icmje.org>. Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

If the manuscript to be submitted was previously rejected by *Aquaculture* or another journal, it is necessary to specify what substantive new work and/or revisions have been included to elevate the manuscript's quality for consideration by *Aquaculture*.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information about this can be found here: <http://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open access and Subscription.

For subscription articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>.

Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose

articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or their research funder

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)
- No open access publication fee

All articles published open access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide open access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published open access.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The open access publication fee for this journal is **\$3300**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require

editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Authors should avoid responding by messages received from the system using the 'Reply' button on their e-mail message; this will send the message to the system support and not to the editorial office, and will create unnecessary load of sorting out and forwarding

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/aqua/>

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.



Preparation

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class *elsarticle.cls* (<http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/elsarticle>) to prepare your manuscript and BibTeX (<http://www.bibtex.org>) to generate your bibliography.

For detailed submission instructions, templates and other information on LaTeX, see <http://www.elsevier.com/latex>.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Numbering.** Manuscripts that are sequentially numbered (e.g., I, II, etc.) are no longer accepted.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the

country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should be not longer than 400 words.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 4-6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Highlights of the manuscript

As part of the submission process, authors are required to provide 3 or 4 highlights, each one sentence long. Beyond stating key discoveries, these highlights must explicitly establish why the work is novel and why it has an application to aquaculture. It is not sufficient to state that the species is one that is farmed.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature.
2. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.
3. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.
4. For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one-click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

DNA sequences and GenBank Accession numbers. Many Elsevier journals cite "gene accession numbers" in their running text and footnotes. Gene accession numbers refer to genes or DNA sequences about which further information can be found in the databases at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine. Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. **An error in a letter or number can result in a dead link.** Note that in the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article.

Example 1: "GenBank accession nos. **AI631510**, **AI631511**, **AI632198**, and **BF223228**, a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. **AA361117**)".

Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. An error in a letter or number can result in a dead link.

In the final version of the printed article, the accession number text will not appear bold or underlined (see Example 2 below).

Example 2: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

In the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article (see Example 3 below).

Example 3: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca^{2+} and not Ca^{++} . Isotope numbers should precede the symbols, e.g., ^{18}O . The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g., phosphate as P_2O_5).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Text graphics

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. See further under Electronic artwork.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;

2. *Two authors*: both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors*: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).

Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal Abbreviations Source

Define abbreviations that are not standard in this field at their first occurrence in the article: in the abstract but also in the main text after it. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their

published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print

- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes
- For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.