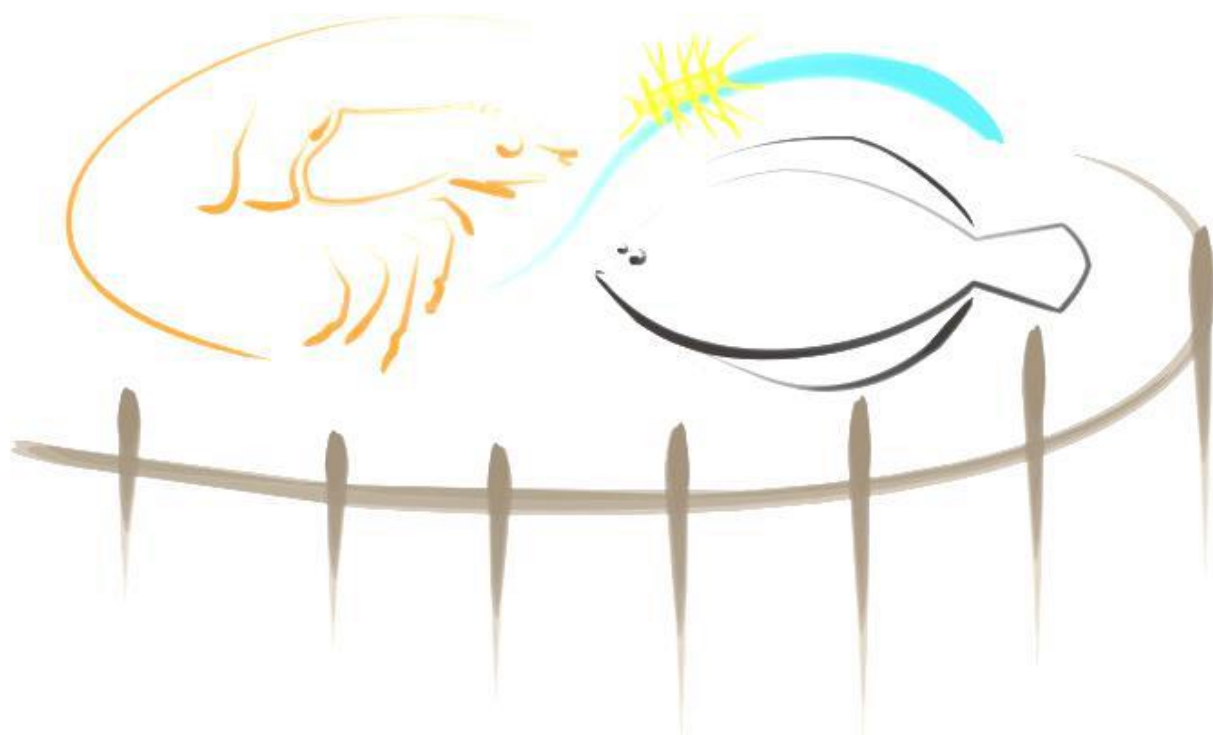


UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



Efeito da intensidade luminosa sobre o crescimento de juvenis do linguado
Paralichthys orbignyanus (Valenciennes, 1839)

CLAUDIO ABDON ALVAREZ-VERDE

Rio Grande - RS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

Efeito da intensidade luminosa sobre o crescimento de juvenis do linguado
Paralichthys orbignyanus (Valenciennes, 1839)

CLAUDIO ABDON ALVAREZ-VERDE

Orientador: Dr. Marcelo Hideo Okamoto

Co-orientador: Prof. Dr. Luís André Sampaio

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

Rio Grande - RS

Fevereiro 2014

Índice

| | |
|--|-----|
| Dedicatória | iv |
| Agradecimentos | v |
| Resumo | vi |
| Abstract | vii |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1. Aquicultura mundial | 1 |
| 1.2. Aquicultura no Brasil | 2 |
| 1.3. Linguados | 2 |
| 1.4. Potencial da criação de <i>Paralichthys orbignyanus</i> | 3 |
| 1.5. Intensidade luminosa | 4 |
| 2. Objetivo | 5 |
| 3. Material e Métodos | 6 |
| 3.1. Peixes | 6 |
| 3.2. Delineamento Experimental | 6 |
| 3.3. Análises Estatísticas | 8 |
| 4. Resultados | 10 |
| 5. Discussão | 13 |
| 6. Referências Bibliográficas | 15 |

Aos meus pais, que do céu, ainda continuam me cuidando.

À Tita, minha esposa e companheira de muitos anos.

À Claudia, Karl e Diego, meus adorados filhos.

Agradecimentos

A Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) que possibilitaram esse estudo de pós-graduação.

Ao Dr. Marcelo Okamoto pela sua orientação, dedicação e ter me ajudado a superar as dificuldades desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Luís Sampaio pelas orientações, fundamentais para a realização da pesquisa.

Aos meus professores da EMA, com os quais aprendi muito: “Mano”, Luciano Garcia, Marcelo Tesser, Ricardo Robaldo, Luis Romano e Mario Chim.

Aos companheiros do alojamento da EMA (a lista é longa) por estes quase dois anos de convivência e com os quais passamos muitos momentos divertidos.

À Baby, que me ajudou nos momentos difíceis.

Aos colegas do Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha (LAPEM), Rafael, Bruna, Marta, Leo, Eduardo, Janaína, Ricardo, Fabi, Juan Zamora e ao pessoal da carcinicultura, Fabi, Gabi, Plínio, Geraldo, Dariano, Luciano, Julio, Aline, Mércia e Vita, que me acolheram muito bem.

À Hitomi, Jacqueline, Juan Jethro, Lucas, Mariana, André Barbas, Wilson Boitrigo e Mario Roberto por estarem sempre prestes a me ajudar e com os quais passamos muitos momentos de descontração. Ao Mario Davi pela sua amizade e ajuda no Português.

Ao Pilenghi, pela sua valiosa ajuda, ao seu Hermes e ao Anderson.

A garotada da República Tia Meri – Jaboticabal - São Paulo, especialmente ao Burdogui e Longui. Ao Valdecir e Julián, do Laboratório de Piscicultura e Peixes Ornamentais da UNESP, Campus Jaboticabal.

Muito obrigado a TODOS.

MUITO OBRIGADO, BRASIL.

Resumo

Muitos peixes são predadores visuais e necessitam de um ambiente com uma intensidade luminosa mínima para o seu desenvolvimento e crescimento. Por outro lado, uma luz muito intensa pode ser estressante ou mesmo letal. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da intensidade luminosa sobre o crescimento de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus*. Juvenis de $1,55 \pm 0,03$ g foram aleatoriamente distribuídos em 12 tanques de 50 L (75 peixes por tanque) conectados a um sistema de recirculação de água. As intensidades luminosas testadas foram 5 (5 ± 1 lux), 180 (176 ± 6 lux), 700 (712 ± 29 lux) e 2.000 lux (1.998 ± 64 lux), com três repetições cada. Os peixes foram alimentados com ração comercial seis vezes ao dia, até se mostrarem aparentemente saciados. O experimento teve duração de 42 dias, e a cada duas semanas, 30 peixes de cada tanque foram medidos e pesados. Ao longo do experimento, a água dos tanques foi mantida com salinidade 32 ± 1 , temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$, oxigênio dissolvido de $6,6 \pm 0,2$ mg/L, pH de $7,8 \pm 0,2$ e amônia total de $0,3 \pm 0,1$ mg/L. O fotoperíodo foi mantido em 18 horas claro e 6 horas escuro. Os dados de crescimento ao longo do tempo foram analisados com ANOVA (duas vias), enquanto que a taxa de crescimento específico diário (TCE), a conversão alimentar aparente (CAA), a ingestão alimentar (IA) e a sobrevivência foram analisadas com ANOVA (uma via) com nível de significância de 95%, seguido pelo teste de Tukey, quando detectadas diferenças significativas. Ao final do experimento, os juvenis criados sob 5 e 180 lux atingiram $10,1 \pm 0,3$ e $9,44 \pm 0,3$ g, respectivamente, pesos superiores aos criados sob 700 lux ($8,45 \pm 0,3$ g) e 2.000 lux ($8,44 \pm 0,3$ g) ($P < 0,05$). A TCE foi maior em 5 lux ($4,6 \pm 0,2\%$) quando comparada com 700 lux ($4,0 \pm 0,1\%$) e 2.000 lux ($4,0 \pm 0,1\%$) ($P < 0,05$), enquanto a obtida em 180 lux ($4,3 \pm 0,1\%$) não diferiu de nenhum tratamento ($P > 0,05$). Não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) na CAA nas diferentes intensidades luminosas, variando de $1,04 \pm 0,02$ a $1,19 \pm 0,03$. A IA variou entre $1,53 \pm 0,04$ e $1,63 \pm 0,03\%$ / dia e não diferiu significativamente ($P > 0,05$) em nenhum tratamento. A sobrevivência foi de 100% em todas as intensidades luminosas testadas. Foi observado que o crescimento de juvenis do linguado é afetado pela intensidade luminosa, e de acordo com os resultados obtidos nesse trabalho, sua criação deve ser realizada entre 5 e 180 lux.

Abstract

Most fishes are visual feeders and require a minimum threshold light intensity to be able to develop and grow. On the other hand, an elevated light intensity may be stressful or even lethal. The aim of this study was to evaluate the effect of light intensity on growth of juvenile Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. Juvenile flounder (1.55 ± 0.03 g) were randomly distributed into twelve 50 L tanks (75 fish per tank) connected to a recirculating aquaculture system. Light intensities tested were 5 (5 ± 1 lux), 180 (176 ± 6 lux), 700 (712 ± 29 lux) and 2,000 lux ($1,998 \pm 64$ lux), all in triplicates. Fish were fed a commercial feed six times a day until satiation. The experiment lasted for 42 days, and every two weeks, 30 fish from each tank were measured and weighed. Throughout the experiment, salinity was maintained at 32 ± 1 , temperature at $23 \pm 1^\circ\text{C}$, dissolved oxygen at 6.6 ± 0.2 mg L⁻¹, pH at 7.8 ± 0.2 and total ammonia at 0.3 ± 0.1 mg L⁻¹. Photoperiod was set at 18 h of light and 6 h of darkness. Growth throughout time data were analyzed with ANOVA (two-way), whereas daily specific growth rate (SGR), apparent feed conversion (AFC), feed intake (FI) and survival were analyzed with ANOVA (one-way) with significance level of 95%, followed by Tukey test when significant differences were detected. At the end of the experiment, juveniles reared at 5 and 180 lux reached respectively 10.1 ± 0.3 and 9.44 ± 0.3 g, their weight was higher than those reared at 700 lux (8.45 ± 0.3 g) and 2,000 lux (8.44 ± 0.3 g) ($P < 0.05$). SGR was higher at 5 lux ($4.6 \pm 0.2\%$), compared to 700 lux ($4.0 \pm 0.1\%$) and 2,000 lux ($4.0 \pm 0.1\%$) ($P < 0.05$), while fish reared at 180 lux ($4.3 \pm 0.1\%$) did not differ from the other treatments ($P > 0.05$). No significant difference ($P > 0.05$) was observed in AFC at the different light intensities, ranging from 1.04 ± 0.02 to 1.19 ± 0.03 . FI ranged between 1.53 ± 0.04 and $1.63 \pm 0.03\%$ day⁻¹, and did not differ significantly ($P > 0.05$) in any treatment. Survival was 100% at all light intensities tested. It was observed that juvenile Brazilian flounder growth is affected by light intensity, and according to the results obtained in this study, they should be reared at light intensities between 5 and 180 lux.

1. Introdução

1.1. Aquicultura mundial

Ao longo dos anos, a pesca e a aquicultura vêm contribuindo para o abastecimento de alimentos, geração de emprego, receitas de exportação e renda nas economias regionais e nacionais. Em 2010, essas duas atividades foram responsáveis por gerar aproximadamente US\$ 217,5 bilhões e contribuir com mais de 16% do consumo de proteína de origem animal ao redor do mundo (Cattermoul *et al.* 2013).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) mostra que a produção mundial da pesca permanece estagnada desde a metade da década de 80, atingindo em 2011 aproximadamente 90,4 milhões t. Por outro lado, a aquicultura continua crescendo rapidamente, mais que qualquer outro setor de produção de alimentos de origem animal. Nas últimas três décadas o crescimento foi de 8,8% ao ano, produzindo em 2011 cerca de 63,3 milhões t (FAO 2012).

O continente asiático é a região onde a aquicultura está mais desenvolvida. Em 2010, os países desse continente foram responsáveis por 89,0% da produção mundial de pescados em cativeiro, sendo a China o principal produtor. Nesse mesmo ano, o continente americano produziu 4,3%, com destaque para países da América do Sul. Seguido de perto, a produção europeia foi de 4,2% e a africana de 2,2%. Países da Oceania contribuíram com apenas 0,3% da produção mundial (FAO 2012).

A criação de pescados em cativeiro vem sendo realizada em ambientes de água doce, salobra e em águas marinhas. A produção de peixes de água doce atingiu em 2010 cerca de 56,4%, seguida pelas produções de moluscos (23,6%), crustáceos (9,6%), peixes diádromos (6,0%), peixes marinhos (3,1%) e outros animais aquáticos (1,3%) (FAO 2012).

Em relação à piscicultura marinha, não se sabe qual é a espécie mais produzida, uma vez que quase um quarto da produção mundial é relatado sem a identificação das espécies, inclusive por alguns dos principais produtores asiáticos. Apesar disso, podem-se citar como principais espécies produzidas cavalas, pampas, corvinas, o pargo europeu, tainhas, o robalo europeu, o robalo japonês, garoupas, linguados, o bijupirá, entre outros (FAO 2012).

1.2. Aquicultura no Brasil

A aquicultura brasileira já aparece com destaque no cenário mundial. Em 2010 foram produzidos cerca de 480.000 t de pescado, colocando o Brasil como o terceiro maior produtor no continente americano, atrás apenas do Chile e dos EUA (FAO 2012). De 2008 a 2010, houve um incremento de 31,2% na produção de pescado oriundo da aquicultura, evidenciando o crescimento dessa atividade no país (MPA 2012).

A Região Sul se destaca há alguns anos como a maior produtora de pescado em cativeiro no Brasil, produzindo em 2010 aproximadamente 150.000 t. Logo em seguida vieram as regiões Nordeste (146.000 t), Sudeste (72.000 t), Centro-Oeste (70.000 t) e Norte (42.000 t) (MPA 2012).

A piscicultura continental é responsável pela maior parcela da produção nacional, representando 82,3% em 2010, sendo tilápias e carpas os peixes mais produzidos. Também merece destaque a criação de espécies nativas como o tambaqui, o pacu e o seu híbrido, o tambacu. Já a criação de animais marinhos representou 17,7%, com destaque para a malacocultura e a carcinicultura (MPA 2012).

No Brasil, existem alguns laboratórios privados que comercializam juvenis de bijupirá e pequenas fazendas no litoral da Região Sudeste que realizam a engorda desses peixes. Apesar disso, a piscicultura marinha no país ainda está em fase de avaliação de espécies, não existindo criação em grande escala (MPA 2012). Pesquisas relacionadas à criação de peixes marinhos com finalidade de alavancar essa atividade no país indicam que, além do bijupirá (Sampaio & Tesser 2010), espécies como o robalo (Cerqueira 2002), a tainha (Miranda-Filho *et al.* 2010), o peixe-rei (Sampaio 2006) e o linguado (Sampaio *et al.* 2008) são consideradas promissoras.

1.3. Linguados

Linguados são peixes demersais pertencentes à Ordem Pleuronectiformes, caracterizados por sofrerem uma metamorfose bastante acentuada durante o estágio larval, resultando em um corpo assimétrico e comprimido dorso-ventralmente, além da localização dos dois olhos no mesmo lado da cabeça (Nelson 2006). Algumas espécies se deitam sobre o lado esquerdo do corpo, enquanto o olho esquerdo migra para o lado

direito da cabeça (linguados destros) e em outras espécies ocorre o oposto (linguados sinistros) (Ahlstrom *et al.* 1984).

O elevado valor comercial de algumas espécies de linguado motivou a criação desses peixes, que estão entre as principais espécies marinhas produzidas em cativeiro. Dados da FAO (2012) destacam a produção do turbot *Scophthalmus maximus*, que atingiu em 2010 pouco mais de 70.000 t.

A Família Paralichthyidae é uma das 14 existentes entre os Pleuronectiformes e possui espécies distribuídas nos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico (Nelson 2006). Nessa família, encontra-se o linguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes 1839), um peixe marinho, normalmente sinistro, que ocorre em águas até pouco mais de 20 m de profundidade, distribuindo-se desde o litoral do Rio de Janeiro no Brasil até Mar del Plata na Argentina, podendo ocorrer também em lagoas costeiras (Figueiredo & Menezes 2000). Pode atingir até 1 m de comprimento total e pesar cerca de 12 kg, sendo um predador ativo e pouco seletivo (Fisher *et al.* 2011).

1.4. Potencial da criação de *Paralichthys orbignyanus*

O alto valor comercial faz do linguado *P. orbignyanus* um importante recurso pesqueiro no sul do Brasil, Uruguai e Argentina (Díaz de Astarloa 2002). No Brasil, o linguado é comercializado principalmente como filé. Essa preferência por parte dos consumidores é interessante, uma vez que foi observado que o rendimento de filé de linguados produzidos em cativeiro pode atingir até 63% (Robaldo *et al.* 2012).

Além disso, o linguado tem capacidade de tolerar ampla faixa de temperatura (Wasielesky *et al.* 1998) e salinidade (Sampaio & Bianchini 2002), baixos valores de pH (Wasielesky *et al.* 1997), bem como concentrações elevadas de compostos nitrogenados (Bianchini *et al.* 1996), que o caracteriza como um peixe rústico. Essas características fazem do linguado uma espécie promissora para o desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil.

Atualmente, existe um protocolo para a produção do linguado em cativeiro, graças a trabalhos relacionados ao manejo de reprodutores, larvicultura e engorda (Radonic *et al.* 2007, Sampaio *et al.* 2008, Bianchini *et al.* 2010). Entretanto, melhorar o

crescimento dos juvenis, desde o berçário até atingir o tamanho comercial, vem sendo o desafio para viabilizar a criação dessa espécie.

1.5. Intensidade luminosa

A intensidade da luz é um dos fatores abióticos que pode ter um efeito direto sobre o comportamento dos peixes (Marchesan *et al.* 2005). Durante o estágio larval, a resposta biológica causada por esse fator é mais acentuada e depende da ecologia da espécie (Villamizar *et al.* 2011). Intensidades luminosas muito elevadas podem ser estressantes, e inclusive letais para os peixes (Bouef & Le Bail 1999). Esses autores mencionam ainda que em luminosidades muito baixas (< 1 lux) ou na ausência de luz, a grande maioria das espécies é incapaz de se alimentar e acaba morrendo.

Segundo Noble *et al.* (2005), a intensidade luminosa pode alterar os ritmos de alimentação de *Oncorhynchus mykiss* e *Salvelinus leucomaenis*. Denson & Smith (1997) trabalhando com larvas do linguado *Paralichthys lethostigma* mencionam que a iluminação elevada na superfície da água pode ser benéfica para o desenvolvimento da pigmentação.

Larvas e juvenis de várias espécies requerem intensidades de luz moderadas (600 – 800 lux) para um bom desenvolvimento, porém espécies que habitam ambientes com turbidez mais elevada durante as fases iniciais da vida, requerem intensidades luminosas mais baixas, podendo apresentar musculatura atrofiada ou má pigmentação em intensidades maiores (Bouef & Le Bail 1999).

Estudos sobre os efeitos da intensidade luminosa na sobrevivência e no crescimento de larvas e juvenis de peixes vêm sendo realizados com foco principal no comportamento alimentar (Han *et al.* 2005, MacIntosh & Duston 2007, Pekcan-Hekim & Horppila 2007). No entanto, não há nenhuma informação sobre as possíveis consequências das diferenças de intensidade de luz no crescimento do linguado *P. orbignyanus*.

2. Objetivo

Verificar os efeitos da intensidade luminosa sobre o crescimento de juvenis do linguado *P. orbignyanus* criados em cativeiro.

3. Material e Métodos

3.1. Peixes

Para o presente trabalho, foram utilizados juvenis de linguado produzidos através de fertilização artificial. Foram utilizados ovócitos de uma fêmea induzida com extrato de hipófise de carpa (5 mg/kg) e sêmen de um macho do plantel de reprodutores do Laboratório de Piscicultura Estuarina e Marinha (LAPEM - FURG). Após a coleta por meio de extrusão manual, os gametas foram misturados e os espermatozóides foram ativados com água do mar para a realização da fertilização artificial, de acordo com o protocolo proposto por Sampaio *et al.* (2008).

A larvicultura foi realizada em um tanque de 1.000 L contendo água do mar constantemente aerada, mantida a 23°C, salinidade 30 e sob um fotoperíodo de 24 h de luz (Sampaio *et al.* 2007, Bianchini *et al.* 2010) A intensidade luminosa foi mantida em 500 lux. Durante o estágio larval, foram oferecidos como alimento, rotíferos e náuplios de *Artemia sp.*

Logo após a metamorfose foi realizado o desmame, quando os juvenis passaram por um período de co-alimentação, sendo alimentados com náuplios de *Artemia sp.* e ração comercial (INVE NRD, 55% de proteína) e posteriormente somente com ração.

3.2. Delineamento Experimental

Para a realização do experimento, foram utilizados quatro sistemas de recirculação de água, sendo cada sistema composto por três tanques de 50 L, um aquecedor submersível, um filtro mecânico, um filtro biológico, um skimmer e um esterilizador com lâmpada ultravioleta. O fluxo de água nos tanques foi mantido em 12 L / h.

O experimento foi realizado em uma sala climatizada para que a temperatura da água permanecesse a 23°C (Okamoto & Sampaio 2012). O fotoperíodo da sala foi mantido em 18 horas claro e 6 horas escuro (Louzada 2004), sendo as lâmpadas ligadas às 06:00 h e desligadas às 24:00 h.

Juvenis com peso de $1,55 \pm 0,03$ g e comprimento total de $5,43 \pm 0,34$ cm foram medidos, pesados e distribuídos aleatoriamente aos tanques (75 peixes por tanque), onde

passaram por um período de aclimação de uma semana. Durante esse período, todos os tanques foram mantidos sob a intensidade luminosa de 350 lux.

Acima dos tanques de cada tratamento, foram colocadas duas lâmpadas fluorescentes tubulares (luz branca de 32 W) em diferentes distâncias para promover as diferentes intensidades luminosas. Cada sistema foi isolado, de modo que não ocorresse interferência da luz de um tratamento sobre o outro. Foram testadas intensidades luminosas de 5, 180, 700 e 2.000 lux, todas com três repetições. Um luxímetro (Chauvin Arnoux[®] C.A. 810) foi utilizado diariamente para o monitoramento das diferentes intensidades de luz no centro dos tanques e rente à superfície da água, que se mantiveram próximas das que foram estipuladas (Tabela 1).

O experimento teve duração de 42 dias e durante esse período, os peixes foram alimentados seis vezes ao dia (07:30, 10:30, 13:30, 16:30, 17:30 e 22:30 h) com ração comercial (INVE NRD 2 mm: 55% proteína, 9% lipídios, 14,5% cinzas, 8% umidade, 1,9% fibra) até a saciedade aparente. Fezes e restos de alimento acumulados no fundo dos tanques foram removidos com sifão e o volume de água removido durante esse processo foi repostado.

A cada 14 dias, 30 linguados de cada tanque foram anestesiados com benzocaína (50 ppm), medidos e pesados para o acompanhamento do crescimento. Logo após a biometria, os peixes foram devolvidos aos seus respectivos tanques.

Os parâmetros da água foram monitorados diariamente e estão apresentados na Tabela 1. A salinidade foi medida com refratômetro de mão (ATAGO[®] S/Mill-E), a temperatura e o oxigênio dissolvido da água foram medidos com oxímetro (YSI[®] - 550A), o pH foi medido com pHmetro digital (Mettler Toledo FiveEasy[™] FE20), a análise da alcalinidade foi realizada pelo método titrimétrico (APHA 1998), a amônia foi mensurada segundo método da UNESCO (1983) e o nitrito pelo método de Strickland & Parsons (1972).

Tabela 1 – Intensidades luminosas e parâmetros de qualidade de água monitorados durante a criação de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus*.

| Parâmetros | Intensidades luminosas | | | |
|----------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 5 lux | 180 lux | 700 lux | 2.000 lux |
| Intensidade luminosa (lux) | 5 ± 1 | 176 ± 6 | 712 ± 29 | 1.998 ± 64 |
| Salinidade | 32,1 ± 0,1 | 32,1 ± 0,2 | 32,1 ± 0,1 | 32,1 ± 0,1 |
| Temperatura (°C) | 23,0 ± 0,1 | 23,0 ± 0,1 | 22,8 ± 0,1 | 23,0 ± 0,1 |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 6,54 ± 0,02 | 6,54 ± 0,02 | 6,6 ± 0,02 | 6,68 ± 0,02 |
| pH | 7,87 ± 0,02 | 7,87 ± 0,02 | 7,88 ± 0,02 | 7,86 ± 0,02 |
| Amônia total (mg/L) | 0,34 ± 0,01 | 0,35 ± 0,01 | 0,34 ± 0,01 | 0,32 ± 0,01 |
| Nitrito (mg/L) | 0,83 ± 0,04 | 0,81 ± 0,04 | 0,82 ± 0,04 | 0,83 ± 0,05 |
| Alcalinidade (mg/L) | 123,1 ± 1,4 | 124,4 ± 1,3 | 124,7 ± 1,3 | 125,0 ± 1,4 |

Ao final do experimento, todos os peixes foram contados para o cálculo da sobrevivência. Com os dados obtidos durante o experimento foram calculados:

- Taxa de crescimento específico diário: $TCE (\% / \text{dia}) = [(\ln pf - \ln pi) / t] \times 100$, onde pi é o peso dos peixes no início do experimento (g), pf é o peso dos peixes no final do experimento (g) e t é o tempo (dias) do experimento.

- Conversão alimentar aparente: $CAA = AO / GP$, onde AO é a quantidade de alimento oferecido (g) e GP é o ganho de peso dos peixes (g).

- Ingestão alimentar relativa (% pc / dia): $IA = AO / (pi + pf / 2) t$, onde pc é o peso corporal dos peixes, AO é a quantidade de alimento oferecido (g), pi é o peso dos peixes no início do experimento (g), pf é o peso dos peixes no final do experimento (g) e t é o tempo (dias) do experimento.

- Fator de condição: $FC = pf / cf^3$, onde pf é o peso dos peixes no final do experimento (g) e cf é o comprimento dos peixes no final do experimento (cm).

3.3. Análises Estatísticas

As comparações das médias de sobrevivência, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico diário e ingestão alimentar foram feitas com análise de variância (ANOVA uma via), enquanto que os dados de crescimento ao longo do tempo foram estudados com análise de variância (ANOVA duas vias) (Sokal & Rohlf 1995).

Quando ocorreram diferenças significativas, estas foram identificadas pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas em um nível de significância de 95% com a utilização do programa Statistica 7. Os resultados estão apresentados como média \pm EP.

4. Resultados

Nenhum linguado morreu durante os 42 dias de experimento, resultando em uma sobrevivência de 100% em todas as intensidades luminosas testadas.

Até o 14º dia de experimento, ainda não havia ocorrido diferença significativa no peso dos juvenis criados sob as diferentes intensidades luminosas ($P>0,05$). Porém, a partir do 28º dia, os peixes criados sob 5 lux apresentaram peso superior aos criados sob 700 e 2.000 lux ($P<0,05$). Ao final do experimento, foi observado que os peixes criados sob as intensidades luminosas mais baixas, apresentaram-se significativamente maiores que os criados sob as mais intensas ($P<0,05$) (Figura 1).

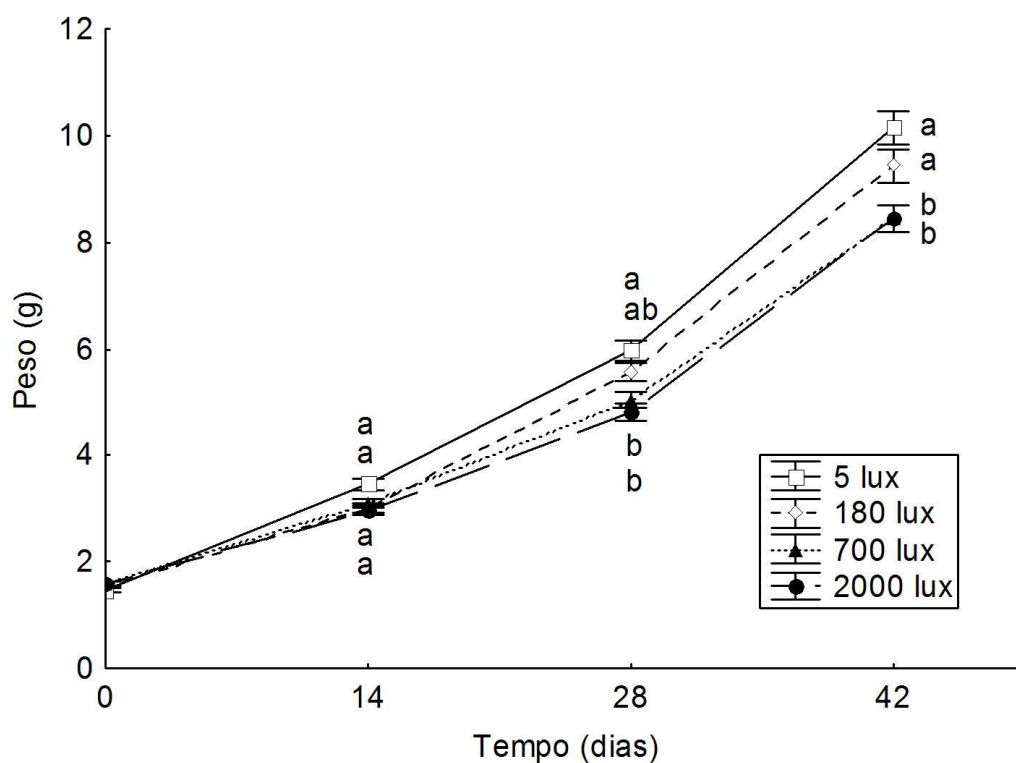


Figura 1 - Peso (média \pm EP) de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus* criados sob diferentes intensidades luminosas. Letras diferentes em cada período de tempo indicam diferença significativa ($P<0,05$).

Os juvenis criados sob 5 lux apresentaram uma TCE superior aos criados sob 700 e 2.000 lux ($P<0,05$). Por outro lado, a TCE apresentada pelos juvenis criados sob 180 lux, não diferiu significativamente das obtidas nas demais intensidades luminosas ($P>0,05$) (Figura 2).

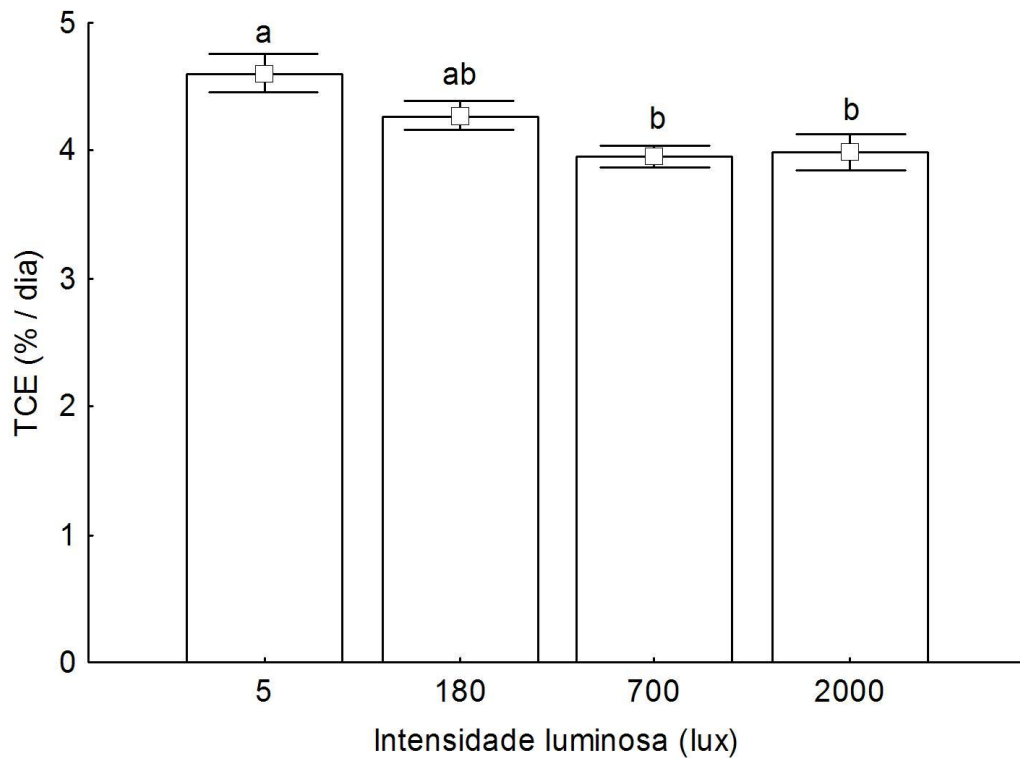


Figura 2 - Taxa de crescimento específico diário (TCE) (média ± EP) de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus* criados sob diferentes intensidades luminosas. Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Não foi observada diferença significativa na conversão alimentar aparente nas diferentes intensidades luminosas ($P > 0,05$) (Figura 3). A ingestão alimentar apresentada pelos juvenis nos diferentes tratamentos também não diferiu significativamente ($P > 0,05$) (Figura 4).

O fator de condição foi de $1,11 \pm 0,01$ (5 lux), $1,14 \pm 0,02$ (180 lux), $1,11 \pm 0,03$ (700 lux) e $1,13 \pm 0,03$ (2.000 lux), não havendo diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos.

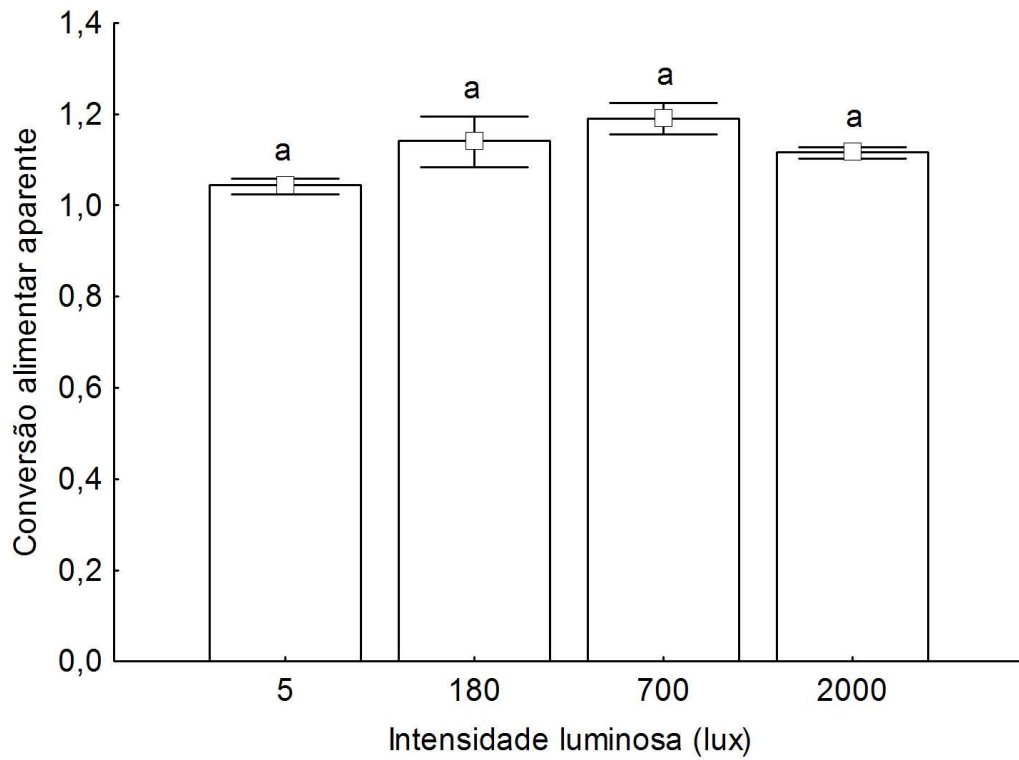


Figura 3 - Conversão alimentar aparente (CAA) (média ± EP) de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus* criados sob diferentes intensidades luminosas.

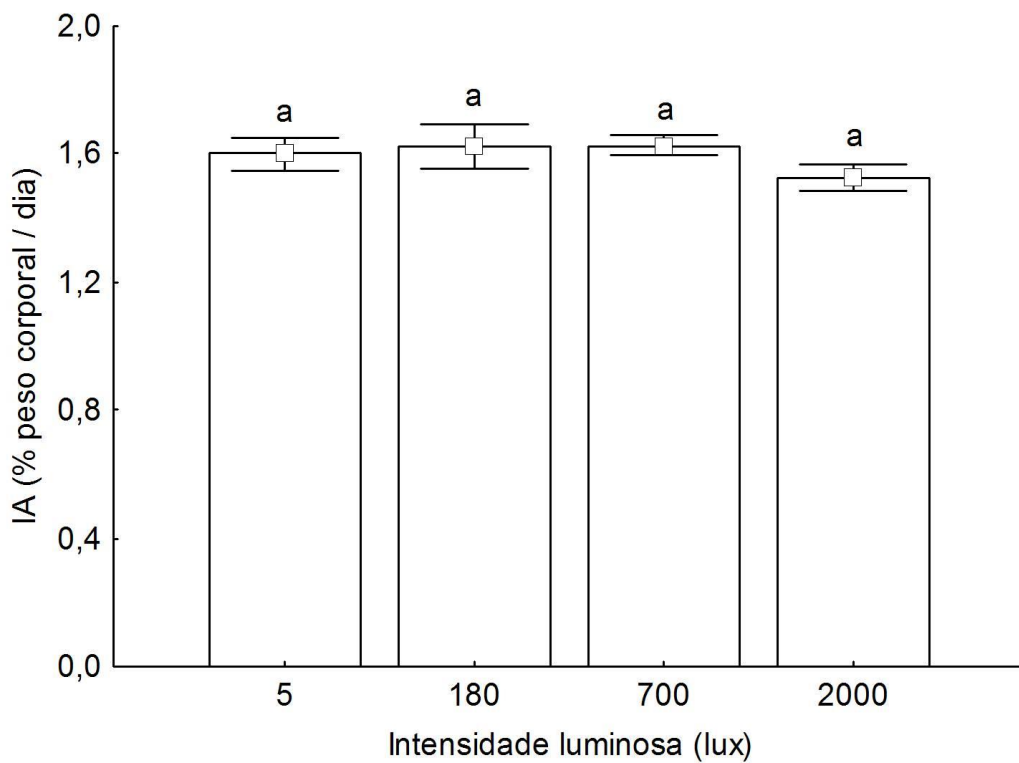


Figura 5 - Ingestão alimentar (IA) (média ± EP) de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus* criados sob diferentes intensidades luminosas.

5. Discussão

Os resultados do presente trabalho mostraram uma preferência por uma faixa de intensidade de luz baixa à moderada por parte dos juvenis do linguado *P. orbignyanus*. Essa preferência provavelmente esteja ligada ao fato do linguado ser um peixe demersal (Nelson 2006), habitando ambientes com pouca penetração de luz. Além disso, juvenis de *P. orbignyanus* são comumente encontrados no estuário da Lagoa dos Patos e regiões costeiras adjacentes (Fischer *et al.* 2011), caracterizadas pela turbidez elevada da água na maior parte do ano (Odebrecht *et al.* 2009). Segundo Bouef & Le Bail (1999), peixes que vivem normalmente nessas condições requerem intensidades luminosas mais baixas.

Estudos realizados anteriormente mostraram que a faixa de intensidade luminosa que proporciona uma melhor condição de criação pode variar para diferentes espécies de peixes. Semelhante ao linguado, juvenis do salmonídeo *Brachymystax lenok* apresentaram crescimento mais eficiente em baixa luminosidade (10 e 70 lux) (Liu *et al.* 2012), assim como juvenis da arinca *Melanogrammus aeglefinus*, que cresceram melhor em 30 lux (Trippel & Neil 2003). Já a garoupa *Epinephelus coioides*, apresentou um melhor crescimento em uma faixa de intensidade de luz moderada à elevada (320 – 1.150 lux) (Tao *et al.* 2013), enquanto que para juvenis do salmão do Atlântico *Salmo salar*, a intensidade luminosa utilizada parece ser indiferente entre uma faixa de 30 e 1.000 lux (Stefansson *et al.* 1993).

Apesar de o crescimento ter sido melhor nas intensidades luminosas mais baixas, foi observado que a taxa de ingestão alimentar relativa apresentada pelos linguados foi semelhante em todos os tratamentos. Porém, como os peixes criados sob as intensidades luminosas mais baixas cresceram mais, a quantidade total de alimento consumido foi maior. O menor consumo de alimento por parte dos peixes criados sob as intensidades luminosas mais altas pode ser resultado do estresse causado por essa condição, prejudicando assim, o crescimento desses peixes. Resultados parecidos com os do presente estudo foram observados para juvenis de *B. lenok* (Liu *et al.* 2012). Esses autores verificaram que o estresse causado pelas intensidades luminosas mais altas provocou um aumento no metabolismo, e conseqüentemente, um maior gasto de energia na respiração e na excreção, sobrando menos energia para o crescimento.

O estresse causado por uma intensidade luminosa inadequada já tinha sido reportada por Bouef & Le Bail (1999). No presente estudo, os peixes mantidos sob as intensidades mais elevadas mostraram-se assustados no momento da alimentação e da limpeza dos tanques, o que não ocorreu nas intensidades mais baixas. Almazán *et al.* (2004) também constataram que juvenis do bagre africano *Clarias gariepinus* mantidos em alta intensidade de luz, aparentaram-se assustados no momento da alimentação.

A conversão alimentar aparente foi semelhante em todos os tratamentos. Porém, foi notado que os peixes mantidos sob as intensidades luminosas mais baixas apresentaram uma procura mais intensa pelo alimento. Independentemente disso, os resultados de conversão alimentar aparente obtidos nesse estudo foram considerados muito bons.

Apesar do crescimento inferior e do aparente estresse demonstrado pelos juvenis mantidos sob as intensidades de luz mais elevadas, o fator de condição, que é um índice que indica bem estar (Nash *et al.* 2006), foi semelhante em todos os tratamentos. Além disso, nenhum peixe morreu durante o experimento, indicando a tolerância do linguado à ampla faixa testada. A intensidade luminosa também não influenciou a sobrevivência de juvenis de *C. gariepinus* (Almazán *et al.* 2004) e de *E. coioides* (Tao *et al.* 2013). Por outro lado, juvenis de lucioperca *Sander lucioperca* devem ser criados sob intensidades luminosas muito baixas, pois seus olhos sensíveis podem sofrer lesões em luminosidade intensa (Luchiari *et al.* 2006).

Estudos que avaliam os efeitos da intensidade luminosa em peixes são mais comuns em larvas do que em juvenis (Liu *et al.* 2012). O motivo é que a maioria das larvas de peixes necessita exclusivamente da visão para encontrar o alimento, e durante esse estágio, a retina de seus olhos não está totalmente desenvolvida (Villamizar *et al.* 2011). Esses autores citam ainda que a intensidade luminosa adequada em cativeiro pode variar não apenas de espécie para espécie, mas também em diferentes estádios de desenvolvimento de uma espécie. Como larvas de linguados são pelágicas (Nelson 2006), é possível que a intensidade de luz adequada para a larvicultura seja diferente da verificada para juvenis. Por tanto, sugere-se que sejam realizados estudos para verificar a intensidade de luz apropriada para a larvicultura de *P. orbignyanus*.

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, recomenda-se que juvenis do linguado *P. orbignyanus*, sejam criados sob uma faixa de intensidade luminosa entre 5 e 180 lux.

6. Referências Bibliográficas

- AHLSTROM, EH, K AMAOKA, DA HENSLEY, HG MOSER & BY SUMIDA. 1984. Pleuronectiformes: development. In: MOSER, HG, WJ RICHARDS, DM COHEN, MP FAHAY, W KENDALL Jr & SL RICHARDSON (eds.). Ontogeny and Systematics of Fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Special Publication 1: 640 – 670.
- ALMAZÁN-RUEDA, P, J SCHRAMA & J VERRETH. 2004. Behavioural responses under different feeding methods and light regimes of the African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. *Aquaculture*, 231: 347 – 359.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington. 1193 p.
- BIANCHINI, A, W WASIELESKY & KC MIRANDA-FILHO. 1996. Toxicity of nitrogenous compounds to juveniles of flatfish, *Paralichthys orbignyanus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 56: 453 – 459.
- BIANCHINI, A, RB ROBALDO & LA SAMPAIO. 2010. Cultivo do linguado (*Paralichthys orbignyanus*). In: BALDISSEROTTO, B & LC GOMES (eds.), Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Editora UFSM, Brasil, Chap. 22: 559 – 587.
- BOEUF, G & PY LE BAIL. 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture*, 177: 129 – 152.
- CATTERMOUL, B, D BROWN & F POULAIN. 2013. Fisheries and aquaculture emergency response guidance: review recommendations for best practice. Roma. 449 p.
- CERQUEIRA, VR. 2002. Cultivo do robalo: aspectos da reprodução, larvicultura e engorda. Florianópolis. 94 p.
- DENSON, MR & TI SMITH. 1997. Diet and light intensity effects on survival, growth and pigmentation of Southern flounder *Paralichthys lethostigma*. *J. World Aquacult. Soc.*, 28: 366 – 373.
- DÍAZ DE ASTARLOA, JM. 2002. A review of the flatfish fisheries of the South Atlantic Ocean. *Rev. Biol. Mar. Oceanog.*, 37: 113 – 125.
- FAO, 2012. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2012. Roma, 231 p.

- FIGUEIREDO, JL & NA MENEZES. 2000. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, Vol. VI. São Paulo, 116 p.
- FISCHER, L, L PEREIRA & J VIEIRA. 2011. Peixes estuarinos e costeiros, 2º ed. Rio Grande, 130 p.
- HAN, D, SQ XIE, W LEI, XM ZHU & YX YANG. 2005. Effect of light intensity on growth, survival and skin color of juvenile Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther). *Aquaculture*, 248: 299 – 306.
- LIU, Y, Z MOU, G XU, Y LI & C WANG. 2012. The effect of light intensity on the growth of *Brachymystax lenok* (Pallas, 1773). *Aquac. Res.*, 43 (12): 1838 – 1844.
- LOUZADA, LR. 2004. Efeito do fotoperíodo na sobrevivência e crescimento de larvas e juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus*. Dissertação de mestrado. FURG-RS.
- LUCHIARI, AC, FA DE MORAIS FREIRE, J KOSKELA & J PIRHONEN. 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquac. Res.*, 37: 1572 – 1577.
- MacINTOSH, KE & J Duston. 2007. Effect of light intensity and eye development on prey capture by larval striped bass *Morone saxatilis*. *J. Fish Biol.*, 71: 725 – 736.
- MARCHESAN, M, M SPOTO, L VERGINELLA & E FERRERO. 2005. Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fish. Res.*, 73: 171 – 185.
- MIRANDA-FILHO, KC, MB TESSER, LA SAMPAIO & HM GODINHO. 2010. Tainha. In: BALDISSEROTTO, B & LC GOMES (eds.), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Editora UFSM, Brasil, Chap. 21: 521 – 536.
- MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). 2012. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura. Brasília. 128 p.
- NASH, RDM, AH VALENCIA & AJ GEFFEN. 2006. The origin of Fulton's condition factor - setting the record straight. *Fisheries*, 31: 236-238.
- NELSON, JS. 2006. *Fishes of the world*, 4º ed. Hoboken, 601 p.
- NOBLE, C, K MIZUSAWA & M TABATA. 2005. Does light intensity affect self-feeding and food wastage in group-held rainbow trout and white-spotted charr? *J. Fish Biol.*, 66: 1387 – 1399.

- ODEBRECHT, C, M BERGESCH, S MEDEANIC & PC ABREU. 2009. A comunidade de microalgas. In: SEELIGER, U & C ODEBRECHT (eds.), O Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações. Editora da FURG, Brasil, Chap. 5: 51 – 63.
- OKAMOTO, MH & LA SAMPAIO. 2012. Sobrevivência e crescimento de juvenis do linguado *Paralichthys orbignyanus* criados em diferentes temperaturas. Atlântica, 34 (1): 57 – 61.
- PEKCAN-HEKIM, Z & J HORPPILA. 2007. Feeding efficiency of white bream at different inorganic turbidities and light climates. J. Fish Biol., 70: 474 – 482.
- RADONIC, M, MI MÜLLER, AV LÓPEZ, GA BAMBILL, M SPINEDI & JJ BOCCANFUSO. 2007. Avances en la reproducción controlada del linguado *Paralichthys orbignyanus* en Argentina. Cienc. Mar., 33 (2): 187 – 196.
- ROBALDO, RB, VR RODRIGUES, MH OKAMOTO & LA SAMPAIO. 2012. Processing yield of wild-caught and indoor-reared Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus*. J. Appl. Ichthyol., 28: 815 – 817.
- SAMPAIO, LA. 2006. Production of “pejerrey” *Odontesthes argentinensis* fingerlings: a review of current techniques. Biocell, 30: 121 – 123.
- SAMPAIO, LA & A BIANCHINI. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 269: 187 – 196.
- SAMPAIO, LA, LS FREITAS, MH OKAMOTO, LR LOUZADA, RV RODRIGUES & RB ROBALDO. 2007. Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* from fertilization to juvenile settlement. Aquaculture, 262: 340 – 346.
- SAMPAIO, LA, RB ROBALDO & A BIANCHINI. 2008. Hormone induced ovulation, natural spawning and larviculture of Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839). Aquac. Res., 39: 712 – 717.
- SAMPAIO, LA & MB TESSER. 2010. Cultivo do bijupirá (*Rachycentron canadum*). In: BALDISSEROTTO, B & LC GOMES (eds.), Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Editora UFSM, Brasil, Chap. 20: 521 – 536.
- SOKAL, RR & EJ ROHLF. 1995. Biometry, 3º ed. Nova York. 887 p.

- STEFANSSON, SO, TJ HANSEN & GL TARANGER. 1993. Growth and parr-smolt transformation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under different light intensities and subsequent survival and growth in seawater. *Aquacult. Eng.*, 13: 231 – 243.
- STRICKLAND, JDH & TR PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa. 310 p.
- TAO, W, C YONGZHOU, L ZHAOPU, Y SHAOHUA & L XIAOHUA. 2013. Effects of light intensity on growth, immune response, plasma cortisol and fatty acid composition of juvenile *Epinephelus coioides* reared in artificial seawater. *Aquaculture*, 414 – 415: 135 – 139.
- TRIPPEL, E & S NEIL. 2003. Effects of photoperiod and light intensity on growth and activity of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture*, 217: 633 – 645.
- UNESCO, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Paris. 53 p.
- VILLAMIZAR, N, B BLANCO-VIVES, H MIGAUD, A DAVIE, S CARBONI & FJ SÁNCHEZ-VÁSQUEZ. 2011. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: a review. *Aquaculture*, 315: 86 – 94.
- WASIELESKY, W, A BIANCHINI, MHS SANTOS & LH POERSCH. 1997. Tolerance of juvenile flatfish *Paralichthys orbignyanus* to acid stress. *J. World Aquacult. Soc.*, 28: 202 – 204.
- WASIELESKY, W, A BIANCHINI & K MIRANDA-FILHO. 1998. Tolerancia a la temperatura de juveniles de lenguado *Paralichthys orbignyanus*. *Frente Marítimo*, 17 (A): 43 – 48.