



SHAYENNE ELIZIANNE RAMOS

FOTOPERÍODO EM JUVENIS DE TRAIRÃO
(*Hoplias intermedius*): CRESCIMENTO E
ESTRESSE

LAVRAS - MG

2015

SHAYENNE ELIZIANNE RAMOS

**FOTOPERÍODO EM JUVENIS DE TRAIRÃO (*Hoplias intermedius*):
CRESCIMENTO E ESTRESSE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Luis David Solis Murgas

LAVRAS - MG

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ramos, Shayenne Elizianne.

Fotoperíodo em juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*):
crescimento e estresse / Shayenne Elizianne Ramos. – Lavras :
UFLA, 2015.

96 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador(a): Luis David Solis Murgas.

Bibliografia.

1. Ritmo circadiano. 2. Hormônios. 3. Músculo. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título

SHAYENNE ELIZIANNE RAMOS

**FOTOPERÍODO EM JUVENIS DE TRAIRÃO (*Hoplias intermedius*):
CRESCIMENTO E ESTRESSE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 21 de novembro de 2014.

Dra. Cristina Delarete Drummond	UFLA
Dra. Viviane de Oliveira Felizardo	UFLA
Dr. Carlos Alberto Mourão-Júnior	UFJF
Dr. Galileu Crovatto Veras	UFPA

Dr. Luis David Solis Murgas
Orientador

LAVRAS - MG

2014

Ao meu pai

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador Luis David Solis Murgas, pela oportunidade, confiança e ensinamentos que enriqueceram minha formação profissional.

Ao meu coorientador Galileu Crovatto Veras, pela orientação, esclarecimento de muitas dúvidas e por toda ajuda ao longo desse período.

À CAPES, pela bolsa concedida durante o doutorado.

À FAPEMIG e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Lavras, em especial aos Departamentos de Medicina Veterinária, Zootecnia e Ciência dos Alimentos pelo suporte fornecido na execução do experimento e análise dos dados.

À Usina Hidrelétrica de FURNAS, pelo fornecimento dos animais para a pesquisa.

Ao programa de pós-graduação.

Às professoras Cristina Delarete Drummond e Viviane de Oliveira Felizardo e aos professores Carlos Alberto Mourão Júnior e Galileu Crovatto Veras por se disponibilizarem a fazer parte da banca.

Ao funcionário do Laboratório de Fisiologia e Farmacologia do DMV/UFLA, Willian César Cortez, por toda ajuda ao longo da execução do projeto.

Ao funcionário do Biotério Central/UFLA, “Seu” Joelson, por toda alegria que sempre transmitiu, pela gentileza, organização e ajuda que me deu ao longo da execução do projeto.

Às alunas de BIC-Júnior, Bruna Maria Nascimento e, em especial, Isabela Miranda Guimarães, que me ajudaram na execução do experimento, análise dos dados e divulgação do trabalho.

Aos colegas de Biotério: Éder (por alegrar o laboratório e por “gostar” do meu café), Jonathan, Marina, Athalita, Tássia Flávia, Viviane, Eliane, Isadora

Marques, Isadora Assis, Wesley, Bruno, Fidelis, Mônica, Daniella e Estefânia que me ajudaram de alguma forma durante o doutorado.

Às amigas Ana Carina e Aline, pelo carinho, pelos temakes e pelos eventos.

À doutoranda Raquel Tatiane Pereira (“Geninha”) por toda ajuda nas análises e disponibilidade em passar seus conhecimentos.

À minha família, que mesmo à distância, esteve sempre presente, me apoiando.

A Deus, por me dar forças para sempre continuar.

RESUMO GERAL

No primeiro experimento, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fotoperíodos no canibalismo, desempenho e composição centesimal de juvenis de *Hoplias intermedius* submetidos aos fotoperíodos de 0L:24E, 6L:18E, 12L:12E e 18L:6E (L = horas de luz e E = horas de escuro), por um período de 90 dias. A exposição aos diferentes fotoperíodos teve influência somente nas taxas de sobrevivência e canibalismo dos animais, sendo o grupo 12L:12E com nenhum canibalismo, ao contrário do grupo 6L:18E. Foi verificado que os animais dos grupos 6L:18E e 18L:6E apresentaram maior média de diâmetro das fibras brancas e alta frequência das fibras de maior diâmetro, indicando maior grau de hipertrofia. Na composição centesimal, observou-se diferença no extrato etéreo, tendo o grupo 12L:12E elevado valor de lipídeos e o grupo 6L:18E o menor valor. No segundo experimento, analisou-se o efeito destes mesmos fotoperíodos nos parâmetros relacionados ao estresse e à concentração de IGF-I dos juvenis de trairão. Não houve influência do fotoperíodo nas concentrações de cortisol e de glicose, mas na contagem de leucócitos houve diferença significativa no número de basófilos e eosinófilos, sendo o grupo 18L:6E com maior número de basófilos e o grupo 6L:18E com maior valor de eosinófilos. Adicionalmente, foi observada alta concentração de IGF-I nos animais do grupo 0L:24E. Dessa forma, o fotoperíodo 12L:12E foi considerado o melhor a ser utilizado pelos criadores, pois proporciona maior sobrevivência e crescimento uniforme dos animais sem causar alterações imunológicas e hormonais.

Palavras-chave: Ritmo circadiano. Peixes. Sobrevivência. Hormônios. Músculo.

GENERAL ABSTRACT

In the first experiment aimed to evaluate the effect of different photoperiods on the cannibalism, performance and chemical composition of *Hoplias intermedius* juvenile subjected to photoperiods 0L:24D, 6L:18D, 12L:12D and 18L:6D (L = light hours and D = dark hours), for a period of 90 days. The exposure to different photoperiods had influence only in the survival and cannibalism rates of animals, with the group 12L:12D with no cannibalism, unlike the group 6L:18D. It was found that the animals of 6L:18D and 18L:6D groups showed greater average diameter of white fibers and high frequency of large diameter fibers, indicating a greater degree of hypertrophy. In chemical composition, it was observed difference in ether extract, where the group 12L:12D had high value of lipids and 6L:18D group had the lowest value. In the second experiment, it was examined the effect of these same photoperiods in related parameters of stress and serum IGF-I of giant trahira juvenile. No influence of photoperiod on cortisol and glucose concentrations was found, but the leukocyte count had significant difference in the number of basophils and eosinophils, with the 18L:6D group with higher numbers of basophils and the 6L:18D group showing higher value eosinophils. In addition, high IGF-I concentrations in animals of 0L:24D group was observed. Thus, the photoperiod 12L:12D was considered the best in use by breeders, because it provides more survival and uniform growth of the animals without causing immunological and hormonal changes.

Keywords: Circadian rhythm. Fish. Survival. Hormones. Muscle.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1	Disposição anatômica da glândula pinel de linguado (<i>Solea senegalensis</i>) com vista lateral e dorsal do cérebro	18
Figura 2	Biossíntese de melatonina	19
Figura 3	Perfis esquemáticos de secreção de melatonina. (a) Perfil circadiano. (b) Perfil sazonal	20
Figura 4	População de mioblastos indiferenciados (mioblastos adultos ou células miosatélites) que contribui para o crescimento hiperplásico e hipertrófico da musculatura estriada esquelética nos peixes. A proliferação e diferenciação dos mioblastos ocorrem sob o controle da expressão dos fatores de regulação miogênica (MRFs) e de fatores de crescimento.....	24
Figura 5	Espécime de <i>Hoplias intermedius</i>	30
Figura 6	Secção transversal do músculo estriado esquelético branco de juvenil de trairão (<i>Hoplias intermedius</i>)	57

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 2

- Gráfico 1 Médias $\pm$ erro padrão do diâmetro das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) nos diferentes fotoperíodos. (L:E - Luz:Escuro).....58
- Gráfico 2 Distribuição das frequências (%) dos diâmetros das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) nas classes de diâmetro ($<20 \mu\text{m}$, $20\text{-}50 \mu\text{m}$ e $>50 \mu\text{m}$) para os diferentes fotoperíodos59

CAPÍTULO 3

- Gráfico 1 Médias $\pm$ erro padrão da concentração do Fator do Crescimento do tipo Insulina 1 (IGF-I) de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) nos diferentes fotoperíodos.....84

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Médias $\pm$ desvio padrão das taxas de sobrevivência (S) e canibalismo (C) de juvenis de trairões (<i>Hoplias intermedius</i>) submetidos a diferentes fotoperíodos	54
Tabela 2	Médias $\pm$ desvio padrão dos parâmetros de desempenho de trairões (<i>Hoplias intermedius</i>) submetidos a diferentes fotoperíodos	55
Tabela 3	Médias $\pm$ desvio padrão da uniformidade do comprimento e do peso dos juvenis de trairões (<i>Hoplias intermedius</i>) submetidos a diferentes fotoperíodos.....	56
Tabela 4	Médias $\pm$ desvio padrão da composição centesimal de juvenis de trairão (<i>Hoplias intermedius</i>) submetidos a diferentes fotoperíodos	60

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Médias $\pm$ desvio padrão das concentrações de cortisol plasmático e glicose sanguínea de juvenis de trairões (<i>Hoplias intermedius</i>) submetidos a diferentes fotoperíodos. (L:E - Luz:Escuro).....	82
Tabela 2	Amplitude de variação (Ax), médias (X) e desvios padrão das médias (SX) das contagens diferenciais dos leucócitos de juvenis de trairão submetidos a diferentes fotoperíodos.....	83

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução Geral	14
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Fotoperíodo e ritmos circadianos	16
2.2	Influência do fotoperíodo nos peixes	17
2.2.1	Crescimento	21
2.2.2	Composição química do peixe	25
2.2.3	Estresse	27
2.3	Características de <i>Hoplias intermedius</i> (Günther, 1864)	29
	REFERÊNCIAS	32
	CAPÍTULO 2 Canibalismo, desempenho e composição centesimal de juvenis de trairão (<i>Hoplias intermedius</i>) mantidos em diferentes fotoperíodos	43
1	INTRODUÇÃO	45
2	MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1	Local e período pré-experimental	48
2.2	Período experimental	48
2.2.1	Desempenho	50
2.2.2	Histologia do tecido muscular	51
2.2.3	Composição centesimal	52
2.3	Análise estatística	53
3	RESULTADOS	54
3.1	Desempenho	54
3.2	Histologia do tecido muscular	56
3.3	Composição centesimal	59
4	DISCUSSÃO	61
5	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS	68
	CAPÍTULO 3 Efeito do fotoperíodo sobre parâmetros relacionados a estresse e concentração de IGF-I de juvenis de trairão (<i>Hoplias intermedius</i>)	74
1	INTRODUÇÃO	76
2	MATERIAL E MÉTODOS	78
2.1	Local e período pré-experimental	78
2.2	Período experimental	78
2.3	Coleta de sangue e análises bioquímicas	80
2.4	Análise estatística	81
3	RESULTADOS	82
4	DISCUSSÃO	85

5	CONCLUSÃO	90
	REFERÊNCIAS.....	91

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

O fotoperíodo é a condição de iluminação ambiental que corresponde à duração do tempo de luz (claro) e escuro ao longo de 24 horas. Associados a esse ciclo de claro/escuro ambiental estão os ritmos biológicos, que são manifestações de um fenômeno que se repete com o mesmo período em um indivíduo, e por isso são conhecidos como ritmos circadianos. Estes ritmos modulam muitos processos fisiológicos e comportamentais.

Em peixes teleósteos, o fotoperíodo atua como um sincronizador do ritmo endógeno, influenciando o crescimento, atividade locomotora, taxas metabólicas e reprodução. Com relação ao crescimento, em determinadas espécies de peixes, o fotoperíodo atua sobre o ganho de peso, o gasto de energia, a ingestão de alimento e na eficiência de utilização dos nutrientes. Pode atuar também na produção e secreção de determinados hormônios, como o IGF-I (Fator do Crescimento do tipo Insulina 1) que é essencial para o crescimento e desenvolvimento normais dos tecidos.

Diferentes manipulações no fotoperíodo têm sido utilizadas para aprimorar o crescimento de várias espécies de peixes de interesse comercial. Em contra partida, tais manipulações podem ser fonte potencial de estresse em determinadas espécies. Com isso, podem ocorrer alterações na produção e secreção de catecolaminas e cortisol, alterações na glicemia e na composição das células sanguíneas. Adicionalmente, podem levar a alterações patológicas, como redução dos processos reprodutivos, diminuição da ingestão de alimento, da taxa de crescimento, queda de desempenho produtivo e diminuição da resistência a doenças. Isso indica que tais manipulações no fotoperíodo podem tanto

beneficiar quanto prejudicar um organismo, isso dependerá da espécie analisada e do fotoperíodo utilizado.

Uma espécie que vem despertando interesse de pesquisadores e produtores é o trairão (*Hoplias intermedius*). Esta espécie possui grande potencial para a piscicultura, uma vez que, adapta-se bem às condições de cativeiro, possui carne de qualidade, elevado crescimento e apresenta características para a pesca esportiva. Entretanto, o crescente aumento dos estudos relacionados à produção desse peixe se limita às fases iniciais de vida, no que se refere à densidade de estocagem e condicionamento das larvas e alevinos.

Não são encontrados trabalhos a respeito dos aspectos fisiológicos dessa espécie, crescimento após as fases iniciais e fatores ambientais que influenciam na sua produção. Adicionalmente, o fotoperíodo é de fácil manipulação, apresenta baixo custo de instalação e manutenção, e proporciona uma variedade de resultados. Portanto, o estudo com os efeitos de manipulações do fotoperíodo nessa espécie é de grande importância e esta avaliação pode auxiliar na sua produção intensiva.

Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar o efeito de diferentes fotoperíodos no crescimento e estresse de juvenis de *Hoplias intermedius* durante 90 dias. Os objetivos específicos são: avaliação do canibalismo, desempenho e da composição centesimal dos juvenis de trairão; análise de parâmetros relacionados ao estresse e análise da concentração do hormônio IGF-I.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fotoperíodo e ritmos circadianos

O fotoperíodo é a condição de iluminação ambiental que corresponde à duração do tempo de luz (claro) e escuro ao longo de 24 horas. Nas regiões tropicais, o ciclo 12 horas de luz/12 horas de escuro possui considerável estabilidade (MARTINEZ-CHAVEZ et al., 2008), ao contrário de regiões temperadas que a fase é ajustada ao longo do ano (ZIV et al., 2005).

Associados ao ciclo claro/escuro ambiental estão os ritmos biológicos, que são manifestações de um fenômeno que se repete com o mesmo período. Estes ritmos biológicos são conhecidos como ritmos circadianos e possuem um período de aproximadamente 24 horas, como, por exemplo, atividade-repouso e secreção de hormônios. Os ritmos que não estão associados ao ciclo claro/escuro são agrupados em: infradianos, com períodos maiores que 24 horas, como o ciclo reprodutivo em mulheres, e os ultradianos, cujo período é menor que 24 horas, como secreção de enzimas digestivas (BRIDGES et al., 1993; MARQUES; MENNA-BARRETO, 1997).

Dentre estes ritmos biológicos, o circadiano é o mais estudado, uma vez que está presente nos mais variados grupos de invertebrados e vertebrados, e o fator ambiental considerado o mais importante sincronizador dos ritmos biológicos é o ciclo claro/escuro, que determina o ritmo circadiano de um organismo (VERA et al., 2009).

Os sincronizadores que arrastam os ritmos biológicos em suas periodicidades, amplitude e fase são chamados de “*Zeitgeber*” (RENSING; RUOFF, 2002). No entanto, quando o animal é exposto a um determinado fator externo deve haver uma relação entre a fase estável e o sincronizador do ritmo, para que este seja considerado um “*Zeitgeber*” (VERAS et al., 2013). Quando o

sincronizador é suprimido, o ritmo biológico deve seguir por um determinado tempo, mesmo com a ausência do sincronizador. Caso contrário, este não pode ser considerado um verdadeiro sincronizador. Tempo depois, o ritmo torna-se de livre curso (*free-run*) da fase previamente determinada pelo “*Zeitgeber*” (VERA et al., 2009).

2.2 Influência do fotoperíodo nos peixes

Entre os peixes, a diversidade de resposta à luz pode ser reflexo de adaptações específicas ao seu ambiente, cuja luz pode variar em termos de duração (fotoperíodo), quantidade (intensidade) e qualidade (espectro) (NAVARRO; NAVARRO, 2012). Para acompanhar as variações de luminosidade, os peixes possuem um relógio endógeno, constituído de fotorreceptores sensíveis à luz e de sistemas humorais e neurais que informam a todo o organismo o estado de iluminação ambiental (FALCÓN et al., 2010).

A informação do fotoperíodo é transmitida ao diencéfalo ventral através da retina pelo trato retino hipotalâmico e através de uma glândula chamada pineal, que conduz a informação através de vias neurais e via de liberação de indolaminas, principalmente melatonina (EKSTRÖM; MEISSEL, 1997; FALCÓN et al., 2010). A síntese rítmica do hormônio melatonina ocorre principalmente na glândula pineal e na retina (CASSONE, 1998), entretanto, ela pode ser sintetizada em vários outros tecidos (CASSONE, 1990).

Nos peixes, a glândula pineal é constituída por um delgado pedúnculo na porção proximal e uma vesícula expandida na porção distal (Figura 1), sendo localizada na região dorsal do cérebro anterior, imediatamente abaixo ou dentro da calota craniana (EKSTRÖM; MEISSEL, 1997). Esta localização no topo da cabeça orienta diretamente a pineal em direção à fonte primária de luz (FENWICK, 1970). Histologicamente, esta glândula é formada por células

chamadas pinealócitos, que são diretamente fotossensíveis respondendo às mudanças na iluminação ambiental (EKSTRÖM; MEISSEL, 1997).

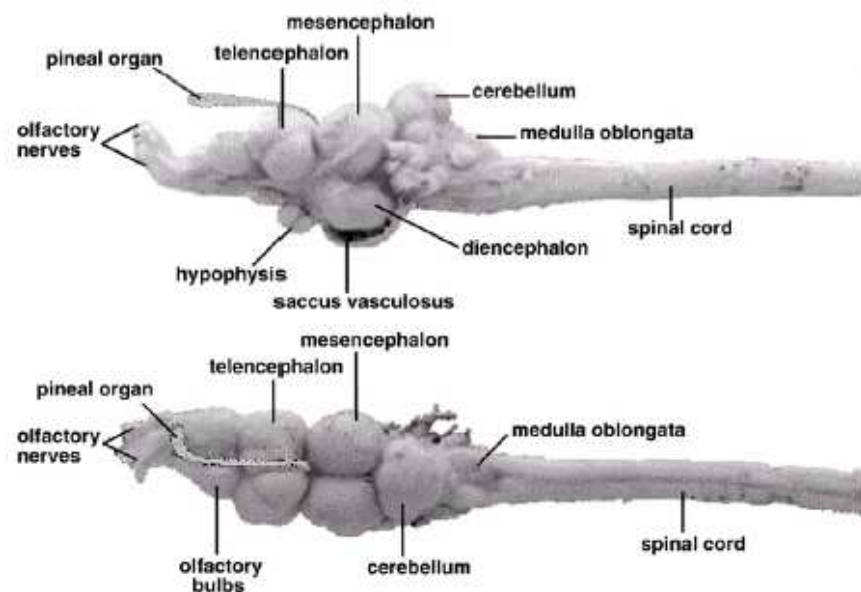


Figura 1 Disposição anatômica da glândula pineal de linguado (*Solea senegalensis*) com vista lateral e dorsal do cérebro

Fonte: (CONFENTE et al., 2008).

Na pineal, o aminoácido triptofano é convertido em 5-hidroxitriptofano e este é transformado em serotonina (5-hidroxitriptamina) pela ação da enzima aromática aminoácido descarboxilase. Durante a fase escura do ciclo ocorre a síntese da enzima N-acetiltransferase (NAT), que metaboliza a serotonina em N-acetilserotonina. Parte deste produto lipossolúvel é lançada na circulação, mas parte é metabolizada pela enzima hidroxí-indol-O-metil-transferase (HIOMT) em melatonina (ARENDR, 1998; MARKUS; BARBOSA JÚNIOR; FERREIRA, 2003), como ilustrado na Figura 2.

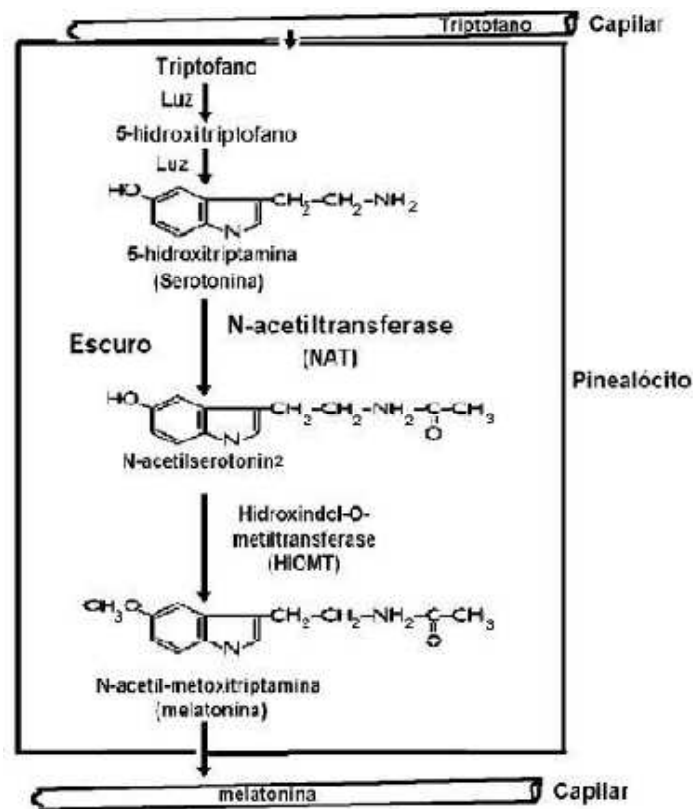


Figura 2 Biossíntese de melatonina

Fonte: Adaptado de Maganhin et al. (2008).

A etapa limitante na síntese de melatonina é a conversão da serotonina em N-acetilserotonina, que ocorre somente no período de escuro. Neste período, a atividade da enzima N-acetiltransferase está aumentada em até 100 vezes e é interrompida no final da noite ou quando existe um pulso de luz no período de escuro (TAMURA, 2006). Isso faz com que o pico diário da melatonina coincida sempre com a fase escura, enquanto, durante a fase clara, sua concentração encontra-se a níveis basais (ZUCKER; BOSHES; DARK, 1983) (Figura 3a). De acordo com Arendt e Skene (2005), em condições normais, a duração do período secretório de melatonina são menores no verão (noites curtas) que no inverno

(noites longas) (Figura 3b). Essa alternância do período secretório serve como sinal temporal para a organização de funções dependentes da duração do dia, como reprodução, comportamento e alimentação.

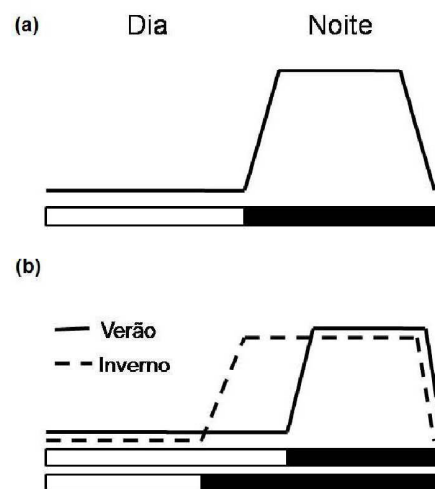


Figura 3 Perfis esquemáticos de secreção de melatonina. (a) Perfil circadiano.
(b) Perfil sazonal

Fonte: Adaptado de Cipolla-Neto e Afeche (2008).

Dessa forma, os ritmos de secreção de melatonina fornecem ao animal informações sobre a hora do dia e também a época do ano, sintetizando e liberando altos níveis na corrente sanguínea durante o período escuro (REITER, 1993). A partir disso, o sistema nervoso central dispara mecanismos adaptativos para noite/dia e para a estação do ano correspondente (MARQUES; MENNA-BARRETO, 1997), tanto para animais de hábito diurno quanto de hábito noturno, uma vez que possuem o mesmo padrão de secreção de melatonina (ZEITZER et al., 2000; ZHDANOVA, 2005).

2.2.1 Crescimento

Em um organismo, o sistema circadiano modula muitos processos fisiológicos e comportamentais (LOUDON; SEMIKHODSKII; CROSTHWAIT, 2000; YOUNG, 2000). Em peixes teleósteos, o fotoperíodo atua influenciando o crescimento, atividade locomotora e reprodução (BISWAS et al., 2010; BOEUF; LE BAIL, 1999; TRIPPEL; NEIL, 2003). Além disso, as alterações de luminosidade podem influenciar a regulação de hormônios, como por exemplo, a melatonina, somatotropinas e hormônios da tireoide (BOEUF; LE BAIL, 1999), que atuam no hipotálamo e interferem no crescimento e sobrevivência (ZHDANOVA; REEBS, 2006).

Com relação ao crescimento, em determinadas espécies de peixes o fotoperíodo atua sobre o ganho de peso, gasto de energia e ingestão de alimento, (BISWAS; ENDO; TAKEUCHI, 2002; BISWAS; TAKEUCHI, 2002). Segundo Boeuf e Le Bail (1999), fotoperíodos longos podem modificar indiretamente o crescimento pela indução do aumento do consumo de ração e desenvolvimento da massa muscular devido à maior atividade locomotora dos animais. A melhor eficiência na utilização dos nutrientes (BISWAS et al., 2005) e o redirecionamento da energia proveniente da maturação gonadal para o crescimento somático (BOEUF; LE BAIL, 1999; GINÉS et al., 2004; RAD et al., 2006) também são outros fatores influenciados por longos fotoperíodos e que, de maneira indireta, afetam o crescimento dos animais.

Segundo Rad et al. (2006), tilápias do Nilo demonstraram melhor crescimento dos alevinos sob regime de 24L:0E e fotoperíodos de 16L:8E e 24L:0E estimularam o crescimento de alevinos e juvenis de goraz, *Pagrus major* (BISWAS et al., 2005). Um consumo elevado de ração associado com melhor conversão alimentar, sob contínuos períodos de luz, foi demonstrado em dourada, *Sparus aurata* (GINÉS et al., 2004). No entanto, nem sempre longos

fotoperíodos influenciam positivamente o crescimento dos peixes. Estudos com bagre africano, *Clarias gariepinus*, apresentaram melhor crescimento quando submetidos a curtos fotoperíodos de 6L:18E e 0L:24E (ALMAZÁN-RUEDA et al., 2005) e a enguia europeia, *Anguilla anguilla*, apresentou maior crescimento e melhor conversão alimentar na ausência de luz (0L:24E) em relação aos animais sob 12L:12E (RODRIGUEZ; CASTELLO-ORVAY; GISBERT, 2009). Estas diferenças encontradas no crescimento de diferentes espécies podem ser atribuídas à variação na exigência do fotoperíodo, que é espécie específica, além de depender da fase de desenvolvimento do animal (BOEUF; LE BAIL, 1999).

O eixo GH (Hormônio do Crescimento) - IGF (Fator do Crescimento do tipo Insulina) tem um papel estabelecido na regulação do crescimento somático dos animais (SPINOLA; GUERRA-JÚNIOR, 2005). O processo do crescimento se inicia através da síntese do GH pela hipófise, sendo este liberado na corrente sanguínea, atuando em determinados órgãos através da associação com receptores específicos (GHR) presentes na membrana das células alvo, ativando vias de sinalização intracelular que culminam com a transcrição de genes envolvidos no desenvolvimento das respostas biológicas ao GH (DUAN, 1998; FIGUEIREDO, 2011). Entre estes, talvez os mais importantes sejam aqueles que codificam para os fatores de crescimento tipo-insulina - IGFs (SCHINDLER; DARNEL JUNIOR, 1995).

Os IGFs são pequenas cadeias polipeptídicas produzidas principalmente no fígado, que exercem uma influência direta nos processos de crescimento e desenvolvimento animal (YAKAR et al., 1999). Desta forma, as respostas biológicas do GH são desenvolvidas e controladas principalmente pelo denominado eixo somatotrófico, em que o IGF-I é o mediador primário da maioria das respostas reguladas pelo GH (BUTLER; LE ROITH, 2001; MORIYAMA; AYSON; KAWAUCHI, 2000).

A produção e secreção destes hormônios podem ser estimuladas e/ou inibidas por fatores externos como o fotoperíodo. Segundo McCormick et al. (1995), o aumento do fotoperíodo estimula um aumento nos níveis de GH no plasma em salmão do Atlântico (*Salmo salar*). Como a produção de IGF-I no fígado está sob o controle direto de GH (DUAN, 1998), consequentemente, os níveis de IGF-I também são indiretamente regulados pelo fotoperíodo (CRUZ; BROWN, 2009).

O IGF-I é essencial para o crescimento e desenvolvimento normais, pois é o principal mediador das funções de crescimento pós-natal exercidas pelo GH (SCHWANDER et al., 1983). Estudos têm demonstrado que o IGF-I é um mediador da hipertrofia e da regeneração do músculo esquelético (ADAMS; MCCUE, 1998; MUSARÒ et al., 2001), uma vez que o IGF-I aumenta a massa muscular, atuando diretamente no aumento da síntese de proteínas das fibras musculares e também estimulando a fusão de células satélites (proliferação e diferenciação) das fibras musculares já existentes, auxiliando no reparo de regiões danificadas das fibras, promovendo o crescimento muscular (FLORINI et al., 1993).

Nos peixes, o músculo esquelético pode ocupar até 75% da massa corporal total e essa massa muscular representa uma importante fonte de proteínas de alto valor nutricional utilizada na alimentação humana e animal (PEREIRA, 2010). As análises morfológicas e histoquímicas do tecido muscular esquelético mostram três tipos básicos de fibras musculares: vermelhas, intermediárias e brancas (JOHNSTON, 1981), com as fibras brancas correspondendo a mais de 90% do volume total do tecido muscular (WEATHERLEY; GILL, 1984).

O crescimento do músculo esquelético (miogênese) é um processo altamente organizado, que envolve a ativação da proliferação e diferenciação das células mio-satélites, ou satélites (JOHNSTON, 1999), sendo que essa ativação

requer um aumento controlado da expressão dos genes músculo específico relacionados ao crescimento. Esse processo é regulado por fatores de regulação miogênica (MRFs), como, por exemplo, a miogenina, e por fatores de crescimento, como o IGF-I (PEREIRA, 2010).

As células mioossatélites são as responsáveis pelo crescimento hipertrófico e hiperplásico das fibras musculares (PEREIRA, 2010). Na hipertrofia, as células mioossatélites fundem-se com fibras musculares existentes, aumentando o número de núcleos para maior síntese de miofibrilas, promovendo o crescimento em comprimento e diâmetro das fibras musculares já existentes. Na hiperplasia, ocorre a formação de novos miotubos na superfície das fibras existentes, com posterior diferenciação em novas fibras musculares (JOHNSTON, 1999) (Figura 4).

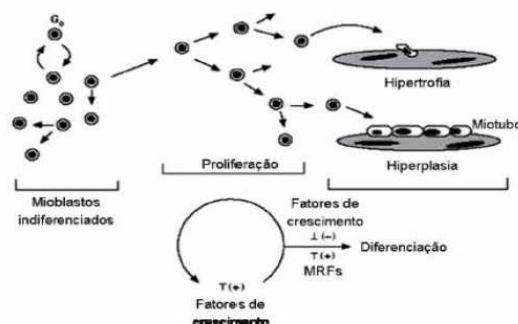


Figura 4 População de mioblastos indiferenciados (mioblastos adultos ou células mioossatélites) que contribui para o crescimento hiperplásico e hipertrófico da musculatura estriada esquelética nos peixes. A proliferação e diferenciação dos mioblastos ocorrem sob o controle da expressão dos fatores de regulação miogênica (MRFs) e de fatores de crescimento

Fonte: Johnston (1999).

O balanço entre os mecanismos de crescimento muscular hipertrófico e hiperplásico pode determinar o tamanho da espécie e a taxa de crescimento,

sendo dependente de vários fatores como, temperatura, fotoperíodo, regime alimentar e composição da dieta (ALAMI-DURANTE et al., 2000; BJOMEVIK, et al., 2003; JOHNSTON et al., 2003). Em alguns juvenis e adultos, o fotoperíodo tem efeito na sinalização de vias que regulam a proliferação e diferenciação de células miogênicas, síntese e degradação de proteínas e na expressão gênica (JOHNSTON, 2006). Assim o ambiente pode determinar a taxa de miogênese, a composição de organelas celulares, os padrões de expressão gênica e pode alterar a distribuição das fibras musculares tanto em número quanto em tamanho.

2.2.2 Composição química do peixe

A composição química do pescado pode variar entre peixes da mesma espécie e entre diferentes partes do mesmo peixe (MENDONÇA et al., 2011). Essas variações são devidas a fatores como alimentação, diferença entre sexos, época do ano, características genéticas, entre outras (GARDUÑO-LUGO et al., 2003; GURGEL; FREITAS, 1972).

Variações significativas, principalmente para o teor de lipídeos e umidade, têm sido observadas em diferentes espécies, como, para o salmão do Atlântico (*Salmo solar*) (HILLESTAD; JOHNSEN, 1994) e alabote (*Hippoglossus hippoglossus*) (NORTVEDT; TUENE, 1998) com alimentações diferentes e bagre-africano (*Clarias gariepinus*) com diferentes pesos (SOUZA et al., 1999), nos quais os peixes mais pesados apresentaram teores mais altos de gordura nos filés. Os peixes menores, dentro da mesma espécie, geralmente apresentam maior teor de umidade e menor teor de lipídeos que os peixes maiores (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

Dentre os fatores relacionados ao ambiente, o fotoperíodo influencia o desenvolvimento e a sobrevivência em diferentes fases ontogênicas, pois a luz

auxilia tanto na estratégia alimentar como no estímulo a outras atividades metabólicas de várias espécies (BISWAS; ENDO; TAKEUCHI, 2002; REYNALTE-TATAJE et al., 2002), podendo, assim, alterar a quantidade de proteínas, lipídeos ou mesmo água presente no filé de um peixe.

Em um estudo com goraz (*P. major*), peixes expostos aos fotoperíodos 16L:8E e 24L:0E apresentaram maior teor de proteína bruta que aqueles expostos ao fotoperíodo de 12L:12E (BISWAS et al., 2005). Alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresentaram maior quantidade de proteína e retenção desta no filé, assim como menor quantidade de gordura e retenção de lipídeo quando submetidos ao fotoperíodo de 18L:6E (VERAS et al., 2014). Entretanto, em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) não houve efeito dos diferentes fotoperíodos na composição centesimal da carcaça (MENDONÇA et al., 2011).

O percentual de lipídeos pode ser utilizado para classificação do pescado em gordo (no mínimo 10%), semigordo (entre 2,5 a 10%) e magro (no máximo 2,5%). Uma vez que, o percentual de proteínas no tecido muscular é relativamente constante, entre 17 e 20%, oscilando, principalmente, quando o estado fisiológico, alimentação e estresse encontram-se fora dos recomendados para a espécie (BRESSAN; PEREZ, 2000).

O preço e o valor nutritivo do pescado dependem da textura da carne, do rendimento e da composição centesimal. Conhecer a composição ajuda a padronizar produtos alimentares com base nas exigências nutricionais, pois fornece subsídios para decisões de caráter dietário. Com isso, conhecer a composição da carne a ser processada é de interesse da indústria como também do consumidor. Alguns estudos são realizados para definir essa composição, entretanto, ainda acontecem variações que acabam prejudicando a determinação de um valor único para a espécie (FRASCÁ-SCORVO et al., 2008).

Além disso, o conhecimento da composição centesimal dos peixes permite avaliar os manejos mais adequados para melhor composição das carcaças. A análise centesimal em peixes confinados têm sido largamente utilizadas para avaliar o estado de saúde de animais sob cultivo intensivo (TAVARES-DIAS et al., 2001), podendo auxiliar no diagnóstico, prevenção e controle de patologias associadas ao estresse (CHAGAS; LOURENÇA; VAL, 2002). Adicionalmente, pode auxiliar na introdução mais efetiva do pescado no mercado, possibilitando a competição com outras fontes proteicas de origem animal, como a carne bovina, suína e de aves (BELLO; RIVAS, 1992).

2.2.3 Estresse

O estresse é uma condição na qual o equilíbrio fisiológico dinâmico, ou homeostase, de um determinado organismo é perturbado ou influenciado por um estímulo intrínseco ou extrínseco, denominado estressor (PICKERING, 1981). A exposição aos agentes estressores pode ser aguda ou crônica. A aguda é de curta duração e geralmente ocorre durante o manejo, captura, biometria e transporte. A crônica é de longa duração e ocorre em condições que expõem os peixes, por longos períodos, em situações estressantes, como criação em ambiente com baixa qualidade da água ou oscilações frequentes nos parâmetros físico-químicos e superpopulação (WENDELAAR-BONGA, 1997).

As alterações fisiológicas no organismo frente a um estressor são classificadas em respostas primárias, secundárias e terciárias. Entre as respostas primárias, destaca-se o aumento de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) que são secretadas pelas células cromafins do rim. Os níveis das catecolaminas se elevam rapidamente, distribuindo-se por todo o organismo, causando aumento da atividade respiratória e cardiovascular (OBA; MARIANO; SANTOS, 2009). Adicionalmente, os fatores liberadores de corticotrofinas, que são transportados

do hipotálamo para a hipófise, estimulam a produção e secreção do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) (WENDELAAR-BONGA, 1997). Assim, o ACTH é liberado na corrente sanguínea, chegando ao tecido inter-renal onde estimula a produção de hormônios corticosteroides, sendo que, para a maioria dos peixes teleósteos, o cortisol é o principal hormônio.

Entre as respostas secundárias estão as alterações metabólicas, como mudanças na glicemia, no glicogênio hepático e muscular, lipólise e inibição da síntese proteica (OBA; MARIANO; SANTOS, 2009). Além disso, pode ocorrer aumento no catabolismo de proteínas musculares e alteração no hematócrito e no número de linfócitos (MILLIGAN, 2003; WANG; HEIGENHAUSER; WOOD, 1994). As respostas terciárias podem levar a alterações patológicas, como redução dos processos reprodutivos, diminuição da ingestão de alimento, da taxa de crescimento, queda de desempenho produtivo e diminuição da resistência a doenças (OBA; MARIANO; SANTOS, 2009; WENDELAAR-BONGA, 1997).

Em peixes teleósteos, os elevados níveis plasmáticos de cortisol e de glicose são amplamente utilizados como indicadores da condição de estresse, pois são as principais respostas (BARTON; IWAMA, 1991). O nível basal de cortisol plasmático varia entre as diversas espécies de peixes, sendo que, para traíra, *Hoplias malabaricus*, estes níveis se encontram entre 23,95-83,81 ng/mL (SAKURAGUI, 2006), para tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, entre 22-78 ng/mL (BARRETO, 2002) e em caboz, *Leuciscus cephalus*, 250 ng/mL (POTTINGER et al., 2000).

Alterações em determinados fatores ambientais, como o fotoperíodo, podem ser fonte potencial de estresse para algumas espécies, como em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (LEONARDI; KLEMPAU, 2003) e bagres africanos (*Clarias gariepinus*) (ALMAZÁN-RUEDA et al., 2005). O estresse crônico pode afetar o crescimento de peixes, uma vez que pode ocorrer a supressão da ingestão de alimento (BERNIER; PETER, 2001) e deslocamento

da energia para o restabelecimento da homeostase, reduzindo o crescimento (BARTON; IWAMA, 1991; WENDELAAR-BONGA, 1997).

Sendo assim, o desempenho na produção de determinadas espécies pode ser prejudicada devido a mudanças ambientais, como, por exemplo, o fotoperíodo, por ser uma fonte de estresse para aquela espécie em questão. Dessa forma, diferentes manipulações no fotoperíodo têm sido utilizadas para aprimorar o crescimento de várias espécies de peixes de interesse comercial (TAYLOR; MIGAUD, 2009).

2.3 Características de *Hoplias intermedius* (Günther, 1864)

A espécie *Hoplias intermedius* ocupa as seguintes categorias taxonômicas:

Filo Chordata

Classe Actinopterygii

Superordem Ostariophysi

Ordem Characiformes

Família Erythrinidae

Gênero *Hoplias*

Espécie *Hoplias intermedius* (Günther, 1864)

As espécies do gênero *Hoplias* são distribuídas ao longo de muitas bacias hidrográficas da América do Sul e são popularmente conhecidos como traíras e trairões. Eles habitam um grande número de habitats, variando de ambientes lóticos, como pequenos e grandes rios e cachoeiras, para águas estritamente lênticas, como lagos e reservatórios (OYAKAWA; MATTOX, 2009). Em todos os habitats, eles são predadores de outros peixes, ou seja, possuem hábito alimentar carnívoro (ANDRADE; VIDAL; SHIMODA, 1998).

São importantes na pesca comercial e na subsistência em várias regiões do Brasil e de outros países da América do Sul (GOULDING, 1980).

Os peixes da espécie *H. intermedius*, ou popularmente chamado de trairão, distribuem-se na bacia do rio São Francisco e na parte superior da bacia do rio Paraná, incluindo os rios Grande, Paranaíba e Piquiri, ocorrendo também em afluentes do rio Doce, estado de Minas Gerais. Possuem coloração de escuro a castanho-claro na cabeça e no corpo, sendo dorsalmente mais escuro e ventralmente mais pálido. Cerca de sete faixas escuras diagonais paralelas aparecem ao longo da região dorsal, estendendo anteroventralmente até um pouco abaixo da linha lateral (OYAKAWA; MATTOX, 2009) (Figura 5).

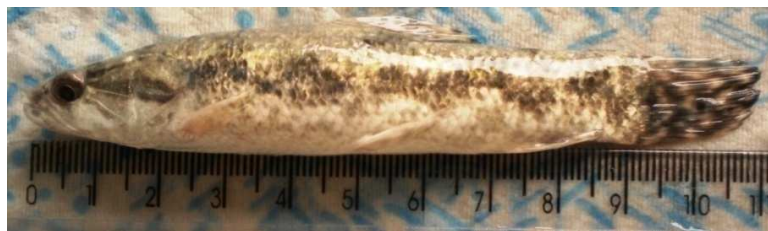


Figura 5 Espécime de *Hoplias intermedius*

Foto: Da autora.

Este peixe tem grande potencial para a piscicultura por adaptar-se bem às condições de cativeiro, se desenvolver em água na faixa de 24 a 32°C (ANDRADE; VIDAL; SHIMODA, 1998), possuir carne de excelente qualidade e boas características para pesca esportiva, por ser um animal agressivo (LUZ et al., 2001). Apresenta também facilidade para desovar em cativeiro, elevada taxa de ganho de peso, rusticidade acentuada e sedentarismo, o que leva ao menor dispêndio de energia (GONTIJO, 1984). Segundo Andrade, Vidal e Shimoda (1998), esta espécie apresenta bons resultados de crescimento quando em cultivo semi-intensivo.

Devido ao hábito alimentar carnívoro desde os primeiros dias de vida, essa espécie apresenta baixas taxas de sobrevivência, que podem ser atribuídas principalmente à heterogeneidade de tamanho dos peixes (LUZ et al., 2000), havendo necessidade de manejos para homogeneização e condicionamento ao aceite de rações comerciais para a criação em cativeiro (LUZ et al., 2002; NOGUEIRA et al., 2005). Alguns trabalhos já têm demonstrado a eficiência do condicionamento alimentar em trairões nas fases iniciais de vida, na qual o animal passa a se alimentar de ração comercial normalmente, facilitando o manejo e evitando canibalismo (LUZ et al., 2002; SILVA, 2008).

Deste modo, o trairão vem despertando o interesse de pesquisadores e produtores de peixes pelo valor comercial, qualidade da carne e características para a pesca esportiva. Entretanto, há necessidade de maior conhecimento da ação de fatores ambientais, como o fotoperíodo, sobre o crescimento, composição corporal, comportamento, parâmetros relacionados ao estresse desta espécie, a fim de auxiliar sua produção intensiva.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, G. R.; MCCUE, S. A. Localized infusion of IGF-I results in skeletal muscle hypertrophy in rats. **Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 84, n. 5, p. 1716-1722, May 1998.
- ALAMI-DURANTE, H. et al. Effects of environmental temperature on the development of the myotomal white muscle in larval carp (*Cyprinus carpio* L.). **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 203, n. 24, p. 3675-3688, Dec. 2000.
- ALMAZÁN-RUEDA, P. et al. Photoperiod affects growth, behaviour and stress variables in *Clarias gariepinus*. **Journal of Fish Biology**, London, v. 67, n. 4, p. 1029-1039, Apr. 2005.
- ANDRADE, D. R.; VIDAL, M. V. L.; SHIMODA, E. **Criação do trairão *Hoplias lacerdae***. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1998. 23 p. (Boletim Técnico, 3).
- ARENDT, J. Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. **Reviews of Reproduction**, London, v. 3, n. 1, p. 13-22, Jan. 1998.
- ARENDT, J.; SKENE, D. J. Melatonin as a chronobiotic. **Sleep Medicine Reviews**, New York, v. 9, p. 25-39, Feb. 2005.
- BARRETO, R. E. **Estressor social facilita estresse na tilápia do Nilo?** 2002. 38 p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, Palo Alto, v. 1, p. 3-26, 1991.

BELLO, R. A.; RIVAS, W. G. **Evaluación y aprovechamiento de la cachama, *Colossoma macropomum* cultivada, como fuente de alimento**. Mexico: FAO, 1992. 113 p. (Documento de Campo, 2).

BERNIER, N. J.; PETER, R. E. The hypothalamic-pituitary-interrenal axis and the control of food intake in teleost fish. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**, New York, v. 129, n. 2/3, p. 639-644, June 2001.

BISWAS, A. K.; ENDO, M.; TAKEUCHI, T. Effect of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed young tilapia *Oreochromis niloticus*, part I. **Fisheries Science**, Berlin, v. 68, n. 3, p. 465-477, June 2002.

BISWAS, A. K. et al. Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficiency and digestibility of red sea bream (*Pagrus major*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 250, n. 3/4, p. 666-673, Dec. 2005.

BISWAS, A. K. et al. Reproduction, growth and stress response in adult red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel) exposed to different photoperiods at spawning season. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 519-527, Feb. 2010.

BISWAS, A. K.; TAKEUCHI, T. Effects of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*, part II. **Fisheries Science**, Berlin, v. 68, n. 3, p. 543-553, June 2002.

BJOMEVIK, M. et al. Muscle growth in juvenile Atlantic salmon as influenced by temperature in the egg and yolk sac stages and diet protein level. **Journal of Fish Biology**, London, v. 62, n. 5, p. 1159-1175, May 2003.

BOEUF, G.; LE BAIL, P. Y. Does light have an influence on fish growth? **Aquaculture**, Amsterdam, v. 177, n. 1/4, p. 129-152, July 1999.

BRESSAN, M. C.; PEREZ, J. R. O. **Tecnologia de carnes e pescados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 225 p.

BRIDGES, R. S. et al. Prior parity reduces post-coital diurnal and nocturnal prolactin surges in rats. **Life Sciences**, Varsóvia, v. 53, n. 5, p. 439-445, 1993.

BUTLER, A. A.; LE ROITH, D. L. Control of growth by the somatotrophic axis: growth hormone and the insulin-like growth factors have related and independent roles. **Annual Review of Physiology**, Palo Alto, n. 63, p. 141-164, 2001.

CASSONE, V. M. Melatonin: time in a bottle. **Oxford Reviews of Reproductive Biology**, Oxford, v. 12, p. 319-367, 1990.

CASSONE, V. M. Melatonins role in vertebrate circadian rhythms. **Chronobiology International**, London, v. 15, n. 5, p. 457-473, 1998.

CHAGAS, E. C.; LOURENÇA, J. N. P.; VAL, A. L. Desempenho e estado de saúde de tambaquis cultivados em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002, Goiânia. **Anais...** Goiânia: AQUABIO, 2002. p. 83-93.

CIPOLLA-NETO, J.; AFECHÉ, S. C. Glândula Pineal. In: AIRES, M. de M. (Org.). **Fisiologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 980-989.

CONFENTE, F. et al. The pineal complex of Senegalese sole (*Solea senegalensis*): anatomical, histological and immunohistochemical study. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 285, p. 207-215, Aug. 2008.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

CRUZ, E. M. V.; BROWN, C. L. Influence of the photoperiod on growth rate and insulin-like growth factor-I gene expression in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Journal of Fish Biology**, London, v. 75, n. 1, p. 130-141, July 2009.

DUAN, C. Nutritional and developmental regulation of insulin-like growth factors in fish. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 128, n. 2, p. 306-314, Feb. 1998. Supplement.

EKSTRÖM, P.; MEISSEL, H. The pineal organ of teleost fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 7, n. 2, p. 199-284, June 1997.

FALCÓN, J. et al. Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 165, n. 3, p. 469-482, Feb. 2010.

FENWICK, J. C. The pineal organ. In: HOAR, H. S.; HANDALL, D. J. (Ed.). **Fish physiology**. Davis: Academic, 1970. v. 4, p. 91-108.

FIGUEIREDO, M. A. **Regulação gênica do crescimento muscular: efeitos da super expressão do receptor do hormônio do crescimento (GHR) em um modelo de peixe transgênico**. 2011. 95 p. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2011.

FLORINI, J. R. et al. IGFs and muscle differentiation. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 343, p. 319-326, 1993.

FRASCÁ-SCORVO, C. M. D. et al. Influência da densidade de estocagem e do nível de proteína bruta da ração na composição de carcaça de tilápias criadas em tanque-rede no reservatório UHE de Chavantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais Eletrônicos...** Lavras: SBZ, 2008. 1 CD-ROM.

GARDUÑO-LUGO, M. et al. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, n. 12, p. 1023-1028, Oct. 2003.

GINÉS, R. L. et al. Effects of long-day photoperiod on growth, body composition and skin colour in immature gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 35, n. 13, p. 1207-1212, Nov. 2004.

GONTIJO, V. P. M. Produção consorciada de trairão e tilápia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 110, p. 26-29, 1984.

GOULDING, M. **The fishes and the forest**: explorations in Amazonian natural history. Los Angeles: University of California, 1980. 280 p.

GURGEL, J. J. S.; FREITAS, J. V. F. Sobre a composição química de doze espécies de peixes de valor comercial de açudes do nordeste brasileiro. **Boletim Técnico DNOCS**, Brasília, v. 30, p. 45-57, 1972.

HILLESTAD, M.; JOHNSEN, F. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughterquality. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 124, n. 1/4, p. 109-116, July 1994.

JOHNSTON, I. A. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. **The Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v. 209, n. 12, p. 2249-2264, June 2006.

JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth: potential implication for flesh quality in fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 177, n. 1/4, p. 99-115, July 1999.

JOHNSTON, I. A. Structure and function of fish muscles. **Symposium of the Zoological Society of London**, London, n. 48, p. 71-113, 1981.

JOHNSTON, I. A. et al. Freshwater environment affects growth rate and muscle fibre recruitment in seawater stages of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 203, n. 8, p. 2539-2552, Apr. 2003.

LEONARDI, M. O.; KLEMPAU, A. E. Artificial photoperiod influence on the immunesystem of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the southern hemisphere. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 221, n. 1/4, p. 581-591, May 2003.

LOUDON, A. S.; SEMIKHODSKII, A. G.; CROSTHWAITE, S. K. A brief history of circadian time. **Trends in Genetics**, London, v. 16, n. 11, p. 477-481, 2000.

LUZ, R. K. et al. Avaliação de canibalismo e comportamento territorial de alevinos de trairão (*Hoplias lacerdae*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 465-469, 2000.

LUZ, R. K. et al. Condicionamento alimentar de alevinos de trairão (*Hoplias* cf. *lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1881-1885, set./out. 2002.

LUZ, R. K. et al. Desenvolvimento de alevinos de trairão com dietas artificiais em tanques de cultivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 1159-1163, jul./ago. 2001.

MAGANHIN, C. C. et al. Efeitos da melatonina no sistema genital feminino: breve revisão. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Carlos do Pinhal, v. 54, n. 3, p. 267-271, 2008.

MARKUS, R. P.; BARBOSA JUNIOR, E. J. M.; FERREIRA, Z. S. Ritmos biológicos: entendendo as horas, os dias e as estações do ano. **Einstein**, São Paulo, v. 1, p. 143-148, 2003.

MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. (Org.). **Cronobiologia: princípios e aplicações**. São Paulo: EDUSP, 1997. 321 p.

MARTINEZ-CHAVEZ, C. C. et al. Clock controlled endogenous melatonin rhythms in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). **Chronobiology International**, London, v. 25, n. 1, p. 31-49, Feb. 2008.

MCCORMICK, S. D. et al. Increased day length stimulates plasma growth hormone and gill Na⁺, K⁺-ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v. 165, n. 4, p. 245-254, Sept. 1995.

MENDONÇA, P. P. et al. Influência do fotoperíodo emeral sobre características bromatológicas da carcaça de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 2, p. 213-220, abr./jun. 2011.

MILLIGAN, C. L. A regulatory role for cortisol in muscle glycogen metabolism in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. **Journal Experimental Biology**, London, v. 206, n. 8, p. 3167-3173, Aug. 2003.

MORIYAMA, S.; AYSON, F. G.; KAWAUCHI, H. Growth regulation by insulin-like growth factor-I in fish. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, Tokyo, v. 64, n. 8, p. 1553-1562, Aug. 2000.

MUSARÒ, A. et al. Localized Igf-1 transgene expression sustains hypertrophy and regeneration in senescent skeletal muscle. **Nature Genetics**, New York, v. 27, n. 2, p. 195-200, Feb. 2001.

NAVARRO, F. K. S. P.; NAVARRO, R. D. Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 36, n. 2, p. 94-99, abr./jun. 2012.

NOGUEIRA, G. C. C. B. et al. Desempenho produtivo de juvenis de trairão (*Hoplias lacerdae*) alimentados com rações comerciais. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 302, p. 401-497, 2005.

NORTVEDT, R.; TUENE, S. Body composition and sensory assessment of three weight groups of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed three pellet sizes and three dietary fat levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 161, n. 1, p. 295-313, Feb. 1998.

OBA, E. T.; MARIANO, W. S.; SANTOS, L. R. B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para um manejo rentável. In: TAVARES-DIAS, M. (Ed.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: EMBRAPA, 2009. p. 226-247.

OYAKAWA, O. T.; MATTOX, G. M. T. Revision of the Neotropical trahiras of the *Hoplias lacerdae* species-group (Ostariophysi: Characiformes: Erythrinidae) with descriptions of two new species. **Neotropical Ichthyology**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 117-140, 2009.

PEREIRA, R. T. **Morfologia e crescimento do músculo estriado esquelético em peixes: técnicas de estudo e análise**. 2010. 116 p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PICKERING, A. D. (Ed.). **Stress and fish**. London: Academic, 1981. 47 p.

POTTINGER, T. G. et al. High blood cortisol levels and low cortisol receptor affinity: is the chub, *Leuciscus cephalus*, a cortisol-resistant teleost? **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 120, n. 1, p. 108-117, Oct. 2000.

RAD, F. et al. Effects of different long-day photoperiods on somatic growth and gonadal development in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 255, n. 1/4, p. 292-300, May 2006.

REITER, R. J. The melatonin rhythm: both a clock and a calendar. **Experientia**, Basel, v. 49, n. 8, p. 654-664, Aug. 1993.

RENSING, L.; RUOFF, P. Temperature effect on entrainment, phase shifting, and amplitude of circadian clocks and its molecular bases. **Chronobiology International**, London, v. 19, n. 5, p. 807-864, Sept. 2002.

REYNALTE-TATAJE, D. et al. Influência do fotoperíodo no crescimento e sobrevivência de pós larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 439-443, 2002.

RODRIGUEZ, A.; CASTELLO-ORVAY, F. E.; GISBERT, E. Somatic growth, survival, feed utilization and starvation in European elver *Anguilla anguilla* (Linnaeus) under two different photoperiods. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 40, n. 5, p. 551-557, Mar. 2009.

SAKURAGUI, M. M. **Respostas ao estresse osmótico e hipóxico em traíra, *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Erythrinidae) aspectos fisiológicos e adaptativos**. 2006. 102 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SCHINDLER, C.; DARNELL JUNIOR, J. E. Transcriptional responses to polypeptide ligands: the JAK-STAT pathway. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 64, p. 621-651, 1995.

SCHWANDER, S. C. et al. Synthesis and secretion of insulin-like growth factor and its binding protein by the perfused rat liver: dependence on growth hormone status. **Endocrinology**, Baltimore, v. 113, p. 297-305, 1983.

SILVA, C. D. da. **Manejo durante o condicionamento alimentar de alevinos 2008 de trairão (*Hoplias lacerdae*)**. 2008. 62 p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SOUZA, M. L. R. de et al. Estudo de carcaça do bagre africano (*Clarias gariepinus*) em diferentes categorias de peso. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 637-644, 1999.

SPINOLA, A. M.; GUERRA-JÚNIOR, C. G. GH/IGF e Neoplasia: o que há de novo nesta associação. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, São Paulo, v. 49, n. 5, p. 833-842, out. 2005.

TAMURA, E. K. **Efeito da melatonina sobre a produção de óxido nítrico em células endoteliais em cultura**. 2006. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

TAVARES-DIAS, M. et al. Fauna parasitaria de peixes oriundos de “pesque-pague” do município de Franca, São Paulo, Brasil: II., metazoários. **Revista Brasileira de Zoologia**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 81-95, jul. 2001. Suplemento.

TAYLOR, J.; MIGAUD, H. Timing and duration of constant light affects rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth during autumn-spring grow-out in freshwater. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 40, n. 13, p. 1551-1558, Sept. 2009.

TRIPPEL, E. A.; NEIL, S. R. E. Effects of photoperiod and light intensity on growth and activity of juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 217, n. 1/4, p. 633-645, Mar. 2003.

VERA, L. M. et al. Circadian rhythms of locomotor activity in the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Chronobiology International**, New York, v. 26, n. 4, p. 666-681, May 2009.

VERAS, G. C. et al. Efeito do fotoperíodo sobre a composição do filé de juvenis de tilápia do Nilo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 2, p. 168-173, abr./jun. 2014.

VERAS, G. C. et al. Ritmos biológicos e fotoperíodo em peixes. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 62, p. 25-43, abr. 2013.

WANG, Y.; HEIGENHAUSER, G. J.; WOOD, C. M. Integrated responses to exhaustive exercise and recovery in rainbow trout white muscle: acid-base, phosphogen, carbohydrate, lipid, ammonia, fluid volume and electrolyte metabolism. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 195, n. 2, p. 227-258, Oct. 1994.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. Growth dynamics of white myotomal muscle fibres in the bluntnose minor, *Pimaphales notatus* (Rafinesque) and comparison with rainbow trout *Salmo gairdneri* (Richardson). **Journal of Fish Biology**, London, v. 25, p. 13-24, 1984.

WENDELAAR-BONGA, S. E. The stress response of fish. **Physiological Reviews**, Baltimore, v. 77, n. 3, p. 591-625, July 1997.

YAKAR, S. et al. Normal growth and development in the absence of hepatic insulin-like growth factor I. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, Washington, v. 96, n. 13, p. 7324-7329, June 1999.

YOUNG, M. W. Life's 24-hour clock: molecular control of circadian rhythms in animal cells. **Trends in Biochemical Sciences**, Amsterdam, v. 25, n. 12, p. 601-606, Dec. 2000.

ZEITZER, J. M. et al. Absence of detectable melatonin and preservation of cortisol and thyrotropin rhythms in tetraplegia. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, Stanford, v. 85, n. 6, p. 2189-2196, June 2000.

ZHDANOVA, I. V. Melatonin as a hypnotic: pro. **Sleep Medicine Reviews** **Sleep Medicine Reviews**, Stanford, v. 9, n. 1, p. 51-65, Feb. 2005.

ZHDANOVA, I. V.; REEBS, S. G. Circadian rhythms in fish. In: SLOMAN, K. A.; WILSON, R. W.; BALSHINE, S. (Ed.). **Fish physiology**. New York: Elsevier, 2006. p. 197-238. (Behaviour and Physiology of Fishes, 24).

ZIV, L. et al. Functional development of the zebrafish pineal gland: light-induced expression of period 2 is required for onset of the circadian clock. **Journal of Neuroendocrinology**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 314-320, May 2005.

ZUCKER, I.; BOSHES, M.; DARK, J. Suprachiasmatic nuclei influence circannual and circadian rhythms of ground squirrels. **American Journal of Physiology**, Baltimore, v. 244, p. 472-480, 1983.

CAPÍTULO 2 Canibalismo, desempenho e composição centesimal de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) mantidos em diferentes fotoperíodos

RESUMO

Avaliou-se o efeito do fotoperíodo no canibalismo, desempenho e composição centesimal de 176 juvenis de *H. intermedius* (peso e comprimento médio de $5,23 \pm 1,61$ g e $6,70 \pm 0,72$ cm). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, ou seja, fotoperíodos (0L:24E, 6L:18E, 12L:12E e 18L:6E, em que L = horas de luz e E = horas de escuro), e quatro repetições, por um período de 90 dias. Foram analisados os parâmetros: taxas de sobrevivência e canibalismo; crescimento em peso e comprimento; consumo de ração; conversão alimentar; taxa de eficiência proteica; crescimento muscular e composição centesimal dos peixes. Os animais do fotoperíodo de 12L:12E apresentaram maior taxa de sobrevivência e nenhum canibalismo. Não houve influência do fotoperíodo nos parâmetros de crescimento em peso e comprimento; consumo de ração; conversão alimentar e taxa de eficiência proteica. Os animais dos grupos 6L:18E e 18L:6E apresentaram maior média de diâmetro das fibras brancas e alta frequência das fibras de maior diâmetro. Com relação à composição centesimal, observou-se efeito do fotoperíodo somente no extrato etéreo, tendo o grupo 12L:12E, o valor mais elevado de lipídeos e o grupo 6L:18E, o menor valor. Conclui-se que o fotoperíodo de 12L:12E é a melhor condição para manter esta espécie, proporcionando maior sobrevivência e homogeneidade dos animais.

Palavras-chave: Sobrevivência. Crescimento. Músculo. Extrato etéreo.

ABSTRACT

It was analyzed the effect of photoperiod on cannibalism, performance and chemical composition of 176 juveniles of *H. intermedius* (average length and weight of 5.23 ± 1.61 g and 6.70 ± 0.72 cm). A randomized design with four treatments, or photoperiods (0L:24D, 6L:18D, 12L:12D and 18L: 6D, where L = light hours and D = dark hours) and four replications, for a period of 90 days, was used. The parameters analyzed were: survival and cannibalism rates; growth in weight and length; food consumption; feed conversion; protein efficiency rate; muscle growth and chemical composition of fish. The animals of 12L:12D photoperiod had high survival rate and no cannibalism. There was no influence of photoperiod on the parameters of growth in weight and length, food consumption, feed conversion and protein efficiency rate. The animal of 6L:18D and 18L:6D groups showed higher mean diameter of white fibers and high frequency of larger diameter fibers. With respect to chemical composition, it was observed effect of photoperiod only in ether extract, with the group 12L:12D with the highest ether extract value and the group 6L:18D with the lowest value. In conclusion, the 12L:12D photoperiod is the best condition to keep this specie, providing high survival and homogeneity of animals.

Keywords: Survival. Growth. Muscle. Ether extract.

1 INTRODUÇÃO

O trairão, *Hoplias intermedius* (Günther, 1864), vem despertando interesse de pesquisadores e produtores pelo grande potencial para a piscicultura, uma vez que, adapta-se bem às condições de cativeiro, possui carne de qualidade, elevado crescimento e apresenta características para a pesca esportiva (LUZ et al., 2001). No entanto, esta espécie apresenta hábito alimentar carnívoro já nos primeiros dias de vida, ocasionando baixa taxa de sobrevivência, o que dificulta a sua criação (LUZ et al., 2000).

Vários fatores têm sido relacionados ao canibalismo, tais como: a influência de características genéticas e comportamentais e as diferenças no tamanho dos peixes, sendo este último considerado um entrave para o cultivo intensivo de espécies carnívoras (LUZ et al., 2000). De acordo com Hecht e Appelbaum (1988), a diferença de tamanho entre os animais leva à dominância social que resulta em comportamento agressivo. Para o trairão, já foi verificado que a homogeneidade no tamanho entre os animais é importante para minimizar o canibalismo (LUZ et al., 2000).

Alguns estudos têm demonstrado uma relação entre canibalismo e fotoperíodo. Em pós-larvas de dourado (*Salminus brasiliensis*) e larvas de suruvi (*Steindachneridion scriptum*), a ausência de luz (0L:24E) produziu melhor efeito sobre o crescimento, entretanto houve elevada mortalidade e canibalismo, uma vez que, a condição de escuro propiciou o aparecimento do canibalismo e interações agonísticas (SCHÜTZ et al., 2008; SCHÜTZ; NUÑER, 2007). Entretanto, em larvas de surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), peixe também carnívoro, a sobrevivência foi maior com a diminuição do fotoperíodo (CAMPAGNOLO; NUÑER, 2008).

Em determinadas espécies de peixes, o fotoperíodo atua sobre o ganho de peso, gasto de energia, ingestão de alimento, atividade locomotora, dentre outros parâmetros fisiológicos que acabam alterando o crescimento dos animais (BISWAS; ENDO; TAKEUCHI, 2002; BISWAS; TAKEUCHI, 2002). Segundo Boeuf e Le Bail (1999), fotoperíodos longos podem modificar indiretamente o crescimento pela indução do aumento do consumo de ração e desenvolvimento da massa muscular devido à maior atividade locomotora dos animais. Dessa forma, diferentes manipulações no fotoperíodo têm sido utilizadas para aprimorar o crescimento de várias espécies de peixes de interesse comercial. Contudo, para cada espécie há uma exigência de fotoperíodo específico.

Longos fotoperíodos podem melhorar o crescimento para algumas espécies, mas também podem causar danos aos animais. De acordo com Villamizar, García-Alcazar e Sánchez-Vázquez (2009), larvas de robalo (*Dicentrarchus labrax*) obtiveram maior crescimento em comprimento e maior sobrevivência quando mantidos à 24L:0E que nas condições de 0L:24E e 12L:12E, contudo apresentaram problemas com o desenvolvimento da bexiga natatória e má formação da maxilar inferior.

Adicionalmente, o fotoperíodo pode causar alterações na composição química do pescado, sendo que esta composição varia entre peixes da mesma espécie e entre diferentes partes do mesmo peixe (MENDONÇA et al., 2011). Tais variações são devidas a fatores como alimentação, diferença entre sexos, época do ano, características genéticas, entre outras (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994; GARDUÑO-LUGO et al., 2003; GURGEL; FREITAS, 1972; KUBITZA, 2000).

O conhecimento da composição centesimal permite avaliar os manejos mais adequados para melhor composição das carcaças. A análise centesimal em peixes confinados tem sido largamente utilizada (TAVARES-DIAS et al., 2001), o que pode auxiliar na introdução mais efetiva do pescado no mercado,

possibilitando a competição com outras fontes proteicas de origem animal, como a carne bovina, suína e de aves (BELLO; RIVAS, 1992).

Todavia, não são encontrados trabalhos que demonstram a influência de fatores ambientais, como o fotoperíodo, sobre o crescimento, composição corporal, consumo de ração e canibalismo. Deste modo, com este estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fotoperíodos no canibalismo, desempenho, crescimento muscular e na composição centesimal de juvenis de *Hoplias intermedius* durante 90 dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período pré-experimental

O estudo foi realizado no Laboratório de Fotoperíodo da ala de peixes do Biotério Central da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG.

Alevinos de trairão (*H. intermedius*), com 30 dias após eclosão, foram alocados no laboratório, sendo provenientes da estação de hidrobiologia e piscicultura da Usina Hidrelétrica de FURNAS, localizada na cidade de São José da Barra/MG. Os alevinos foram estocados na densidade de três alevinos/L em aquários de 60 litros (LUZ, 2004), sob sistema de recirculação de água com temperatura a 27 °C.

Para adaptação dos alevinos ao consumo de ração comercial, uma vez que em FURNAS a alimentação era feita com zooplâncton, os animais foram submetidos ao condicionamento alimentar. Este procedimento teve duração de 24 dias e seguiu-se metodologia adaptada à descrita por Luz et al. (2002).

Todos os procedimentos experimentais foram realizados de acordo com os princípios éticos da experimentação animal aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (Comissões Permanentes/PRP-UFLA) e registrado em certificado número 004/14.

2.2 Período experimental

Após o condicionamento alimentar, 176 juvenis de trairão com peso médio inicial de $5,23 \pm 1,61$ g e comprimento padrão médio inicial de $6,70 \pm 0,72$ cm foram divididos em lotes homogêneos de 11 peixes/aquário. Foram mantidos em aquários de vidro de 60 litros, nas dimensões 60 x 32 x 31 cm, sob sistema de recirculação de água com aeração constante por meio de compressor

de ar, pedra porosa e temperatura de 27°C. Os parâmetros de qualidade de água como temperatura (termômetro) e pH (Alcon, Labcon teste para pH Tropical, Brasil) foram monitorados diariamente, assim como a amônia, oxigênio e nitrito (Alcon, Labcon teste para Amônia Tóxica, O₂ Dissolvido e Nitrito NO₂⁻, Brasil).

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo o aquário de 60 litros a unidade experimental. Os tratamentos foram os seguintes fotoperíodos: 0L:24E, 6L:18E, 12L:12E e 18L:6E, em que L = horas de luz e E = horas de escuro. Os peixes ficaram nos respectivos fotoperíodos durante 10 dias para a ambientação à nova condição e, posteriormente, deu-se início ao experimento com duração de 90 dias.

Para a iluminação de cada tratamento, foram utilizadas lâmpadas fluorescentes de 40 W, com intensidade de aproximadamente 50,7 lux, medido com luxímetro digital (Minipa MLM-1010) na superfície dos aquários. As lâmpadas foram controladas por *timers* com início do período de luz às 7h, exceto o programa de luz em que os peixes foram mantidos em regime 0L:24E, cuja lâmpada permaneceu desligada por todo período experimental. Para a iluminação da sala de experimentação, foi utilizada uma lâmpada vermelha de 40 W para se fazer todo o manejo dos animais sem que houvesse interferência nos fotoperíodos, segundo metodologia proposta por Larson et al. (2004). Cada tratamento foi isolado um do outro por paredes de alvenaria e na parte frontal por meio de um sistema de *black out*, impedindo a interposição entre eles.

A alimentação dos animais foi feita duas vezes ao dia, às 8 e 17h, com ração comercial extrusada com 45% de proteína bruta em péletes de aproximadamente 2,0 mm de diâmetro, na proporção de 3% do peso vivo/dia. Após 30min do fornecimento da ração, as sobras (péletes) foram retiradas, congeladas e depois secas em estufa a 65 °C, para posterior cálculo do consumo de ração e conversão alimentar.

Diariamente os aquários foram monitorados a fim de constatar a presença de animais mortos. Os peixes não encontrados nos aquários foram considerados mortos por canibalismo. Para o ajuste da quantidade de ração fornecida diariamente (3% do peso vivo), foi feita biometria de todos os animais em intervalos de 15 dias, com mensuração do comprimento padrão utilizando um ictiômetro e do peso com o auxílio de uma balança analítica, com precisão de 0,1 mg. Para evitar o estresse neste procedimento, os animais foram anestesiados por imersão em água com benzocaína (dose de 190 mg/L), por aproximadamente dois minutos.

Ao final de 90 dias de experimentação, todos os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas, anestesiados por imersão em água com benzocaína (dose de 190 mg/L), por aproximadamente dois minutos, pesados e medidos (comprimento padrão). Em seguida, 92 animais foram eutanasiados por imersão em água com benzocaína (dose de 250 mg/L), amostras de tecido muscular estriado esquelético foram retirados e as carcaças, sem as vísceras, foram acondicionadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e levadas ao freezer para congelamento e, posteriormente, foi analisada a composição centesimal.

2.2.1 Desempenho

Para a análise do desempenho dos animais, foram determinadas as seguintes variáveis (VERAS, 2011):

- a) Taxa de sobrevivência, $S \text{ (\%)} = (\text{n}^\circ \text{ de peixes vivos} / \text{total de peixes}) * 100$;
- b) Taxa de canibalismo, $C \text{ (\%)} = (\text{n}^\circ \text{ de peixes mortos por canibalismo} / \text{total de peixes}) * 100$;

- c) Ganho de peso, GP (g) = peso final – peso inicial;
- d) Ganho de comprimento, GC (cm) = comprimento final – comprimento inicial;
- e) Taxa de crescimento específico, TCE (%/dia) = $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{n}^\circ \text{ dias}] * 100$;
- f) Consumo de ração diária, CR (g/dia) = consumo total de ração médio/nº dias;
- g) Conversão alimentar, CA = consumo de ração médio/ganho de peso;
- h) Taxa de eficiência proteica, TEP = ganho de peso/consumo de proteína.

Além dessas variáveis, a uniformidade do peso e do comprimento dos aquários foi calculada. Para determinar a uniformidade do aquário, a seguinte equação proposta por Furuya et al. (1998) foi utilizada: $U = (N \pm 20\%) / Nt \times 100$, em que: U = a uniformidade da unidade experimental, isto é, a variação no peso ou comprimento total (%); Nt = número total de peixes em cada unidade experimental; e $N \pm 20\%$ = o número de animais com peso e comprimento total $\pm 20\%$ do valor médio para cada unidade experimental.

2.2.2 Histologia do tecido muscular

Para a avaliação do crescimento muscular, foi analisada a morfometria do tecido muscular estriado esquelético, uma vez que, em peixes pode ocupar até 75% da massa corporal total (PEREIRA, 2010). Este músculo possui três tipos de fibras: branca, vermelha e intermediária, sendo que os peixes são compostos predominantemente de fibra branca, representando mais de 70% da massa do músculo e são as fibras de maiores diâmetros (SANTOS, 2007). Dessa forma, foram analisadas as fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético por

serem mais abundantes, de fácil coleta e pelo crescimento ser mais bem observado na musculatura branca (JOHNSTON, 1999).

Foram coletadas, aproximadamente, 2 cm de amostras de tecido muscular da porção epiaxial, próximo à nadadeira dorsal, de 11 animais de cada tratamento. As amostras coletadas foram imersas em isopentano, congeladas em nitrogênio líquido (-196°C), e, em seguida, armazenadas em *freezer* a -80°C. Posteriormente, foram obtidos cortes transversais de 10 µm de espessura em criostato a -20°C, que foram corados com Hematoxilina-Eosina (PEREIRA, 2010).

Em seguida, foi feita análise morfométrica das fibras musculares, na qual foi medido o menor diâmetro de 200 fibras brancas de cada animal, utilizando um microscópio ligado a um sistema de análise de imagem computadorizada (AxioVision - Carl Zeiss Microscopy). O menor diâmetro da fibra muscular é rotineiramente utilizado para evitar algum erro que possa ser resultado quando uma fibra é cortada obliquamente e não transversalmente (DUBOWITZ; BROOKE; NEVILLE, 1973). Cada fibra muscular foi agrupada em três classes de diâmetros: <20 (D1), 20–50 (D2) e >50 µm (D3) (ALMEIDA et al., 2008; VALENTE et al., 1999). A frequência das fibras musculares foi expressa como o número de fibras de cada classe de diâmetro em relação ao número total de fibras medidas.

2.2.3 Composição centesimal

Foram utilizados 92 animais, sendo estes agrupados de acordo com o tratamento e a repetição para a confecção de um “pool”. Cada repetição foi dividida em duas amostras, dando um total de oito amostras/tratamento, para a realização das análises da composição centesimal da carcaça (umidade, extrato

etéreo, matéria mineral e proteína bruta) de acordo com a Association of Official Agricultural Chemists International- AOAC International (1990).

A umidade das carcaças dos peixes foi determinada em estufa a 105°C por um período de 24 horas até atingir peso constante. O extrato etéreo foi determinado pelo método de Soxhlet, em que dois gramas da amostra seca foram submersos em éter etílico, ficando em refluxo por três horas, em seguida, foram suspensos para drenagem do excesso de solvente e/ou óleo por 30 minutos e, posteriormente, houve a recuperação do éter, restando apenas os lipídeos (extrato etéreo). A análise da matéria mineral foi feita pelo método gravimétrico, baseado na determinação da perda de peso do material submetido a aquecimento a 550°C por 12 horas. Para a determinação do conteúdo de proteína bruta, foi utilizado o método Microkjeldhal.

2.3 Análise estatística

Inicialmente, foi feita a devida verificação dos pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade da variância (teste de Levene) dos dados. Para os dados considerados normais, foi aplicado o teste ANOVA, seguido pelo teste de Tukey em caso de significância, e para os dados considerados não normais aplicou-se Kruskal-Wallis. Adicionalmente, foi realizado um teste de qui-quadrado a fim de verificar se o diâmetro das fibras é dependente do fotoperíodo. Todas as análises foram realizadas no aplicativo SPSS versão 20, sendo o nível de significância adotado de 5%.

3 RESULTADOS

3.1 Desempenho

Houve efeito ($P < 0,05$) do fotoperíodo sobre a taxa de sobrevivência (S) e canibalismo (C). O fotoperíodo de 12L:12E apresentou alta taxa de sobrevivência em relação aos demais fotoperíodos e nenhum peixe morto por canibalismo. Por outro lado, o fotoperíodo de 6L:18E apresentou baixa taxa de sobrevivência e elevado canibalismo (Tabela 1).

Tabela 1 Médias $\pm$ desvio padrão das taxas de sobrevivência (S) e canibalismo (C) de juvenis de trairões (*Hoplias intermedius*) submetidos a diferentes fotoperíodos

VARIÁVEIS	FOTOPERÍODOS				P
	0L:24E	6L:18E	12L:12E	18L:6E	
S (%)	56,82 $\pm$ 20,16 ^{bc}	34,09 $\pm$ 11,44 ^c	97,73 $\pm$ 4,55 ^a	63,64 $\pm$ 12,86 ^b	0,00*
C (%)	25,00 $\pm$ 20,15 ^b	59,09 $\pm$ 11,73 ^a	0,00 $\pm$ 0,00 ^c	25,00 $\pm$ 17,20 ^b	0,02*

Médias seguidas por letras diferentes na linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey, para sobrevivência, e Kruskal-Wallis para canibalismo.

* diferença significativa ($P < 0,05$). (L:E - Luz:Escuro).

A manipulação do fotoperíodo não demonstrou influência ($P > 0,05$) sobre o peso final, ganho de peso, comprimento final, ganho de comprimento, taxa de crescimento específico, consumo de ração diário, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica (Tabela 2). Porém, foi observada menor uniformidade tanto em comprimento quanto em peso dos trairões provenientes do tratamento 6L:18E, sendo encontrados valores de $57,5 \pm 43,49\%$ de uniformidade no comprimento e $6,25 \pm 12,5\%$ de uniformidade no peso dos animais. O contrário

foi observado no grupo 12L:12E, que apresentou maior uniformidade no comprimento e no peso dos animais, com $81,59 \pm 7,06\%$ e $30,23 \pm 8,57\%$, respectivamente. Embora o grupo 0L:24E tenha apresentado valores maiores que o grupo 12L:12E, o primeiro apresenta um desvio padrão maior, indicando maior variância (Tabela 3).

Tabela 2 Médias $\pm$ desvio padrão dos parâmetros de desempenho de traíões (*Hoplias intermedius*) submetidos a diferentes fotoperíodos

VARIÁVEIS	FOTOPERÍODOS				
	0L:24E	6L:18E	12L:12E	18L:6E	P
PF (g)	15,60 $\pm$ 5,18	23,44 $\pm$ 11,78	11,62 $\pm$ 1,90	15,76 $\pm$ 1,33	0,091
GP (g)	10,51 $\pm$ 5,10	18,33 $\pm$ 11,73	6,23 $\pm$ 1,85	10,43 $\pm$ 1,2	0,068
CF (cm)	9,08 $\pm$ 1,04	10,17 $\pm$ 1,82	8,42 $\pm$ 0,53	9,46 $\pm$ 0,28	0,119
GC (cm)	2,43 $\pm$ 0,99	5,84 $\pm$ 1,82	1,66 $\pm$ 0,52	2,71 $\pm$ 0,18	0,089
TCE (%/dia)	1,21 $\pm$ 0,31	1,57 $\pm$ 0,59	0,84 $\pm$ 0,16	1,20 $\pm$ 0,07	0,059
CR (g/dia)	0,19 $\pm$ 0,09	0,27 $\pm$ 0,11	0,10 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,03	0,051
CA	1,51 $\pm$ 0,03	1,50 $\pm$ 0,61	1,43 $\pm$ 0,17	1,22 $\pm$ 0,12	0,309
TEP	1,47 $\pm$ 0,03	1,71 $\pm$ 0,76	1,57 $\pm$ 0,19	1,83 $\pm$ 0,19	0,638

Peso final (PF); Ganho de peso (GP); Comprimento final (CF); Ganho de comprimento (GC); Taxa de crescimento específico (TCE); Consumo de ração diário (CR); Conversão alimentar (CA); Taxa de eficiência proteica (TEP); (L:E - Luz: Escuro). Teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 3 Médias $\pm$ desvio padrão da uniformidade do comprimento e do peso dos juvenis de traíões (*Hoplias intermedius*) submetidos a diferentes fotoperíodos

VARIÁVEIS	FOTOPERÍODOS			
	0L:24E	6L:18E	12L:12E	18L:6E
UC (%)	85,71 $\pm$ 16,49	57,5 $\pm$ 43,49	81,59 $\pm$ 7,06	75,80 $\pm$ 9,89
UP (%)	31,99 $\pm$ 12,43	6,25 $\pm$ 12,5	30,23 $\pm$ 8,57	21,52 $\pm$ 6,96

Uniformidade do comprimento (UC); Uniformidade do peso (UP).
(L:E - Luz:Escuro).

3.2 Histologia do tecido muscular

Na análise da morfometria do tecido muscular estriado esquelético, foram observadas fibras arredondadas ou poligonais, separadas por uma fina camada de tecido conjuntivo, chamado endomísio. Separando as fibras musculares em fascículos, foi observada uma camada mais grossa de tecido conjuntivo, chamado perimísio. Adicionalmente, foram observadas fibras de diferentes diâmetros em todos os fotoperíodos, característica de distribuição em um padrão de mosaico (Figura 6).

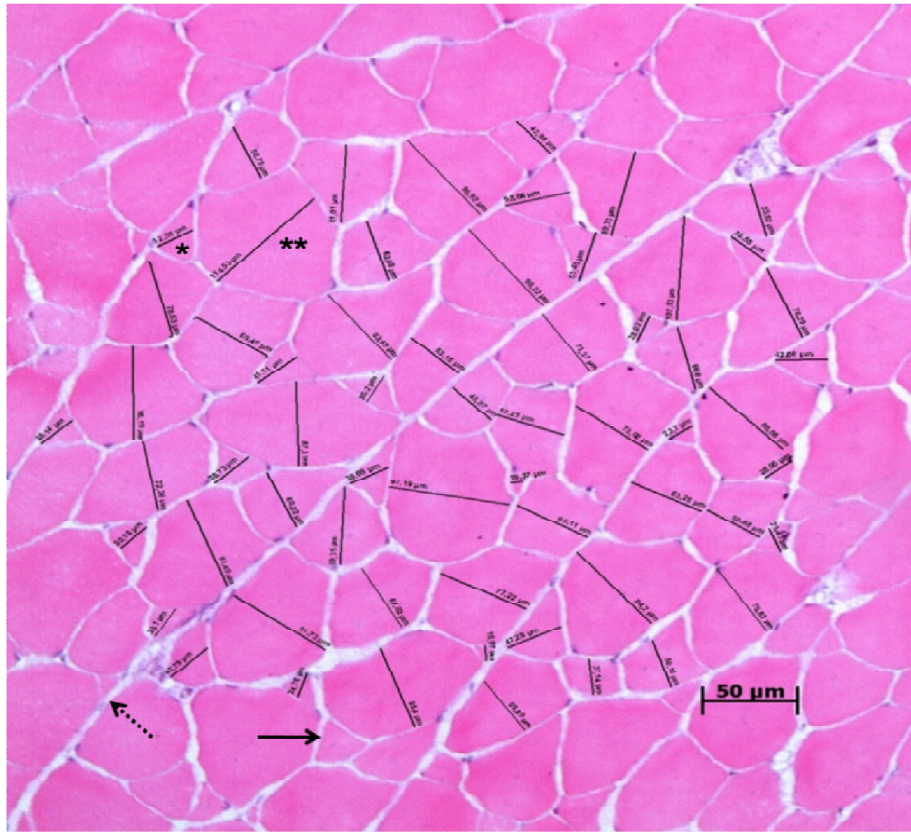


Figura 6 Secção transversal do músculo estriado esquelético branco de juvenil de trairão (*Hoplias intermedius*)

Nota: Pode ser observado um padrão em mosaico de diferentes diâmetros de fibras musculares, composto de fibras pequenas (*) entre as fibras grandes (**). Perímio (seta tracejada). Endomísio (seta cheia). As retas em cada fibra indicam a mensuração do diâmetro de cada uma delas. HE. Barras de escala: 50 µm.

A média do diâmetro das fibras musculares brancas apresentou diferença significativa entre os fotoperíodos ($P < 0,05$). Os animais dos grupos 6L:18E e 18L:6E apresentaram as maiores médias de diâmetro das fibras ($56,36 \pm 25,85$ e $56,08 \pm 28,91$ µm, respectivamente), não diferindo estatisticamente entre si ($P > 0,05$). No entanto, os grupos 0L:24E e 12L:12E apresentaram valores menores de diâmetro, sendo, $50,91 \pm 24,76$ e $50,65 \pm 24,33$ µm respectivamente, não

diferindo entre si ($P > 0,05$), mas estatisticamente diferentes ($P < 0,05$) dos grupos 6L:18E e 18L:6E (Gráfico 1).

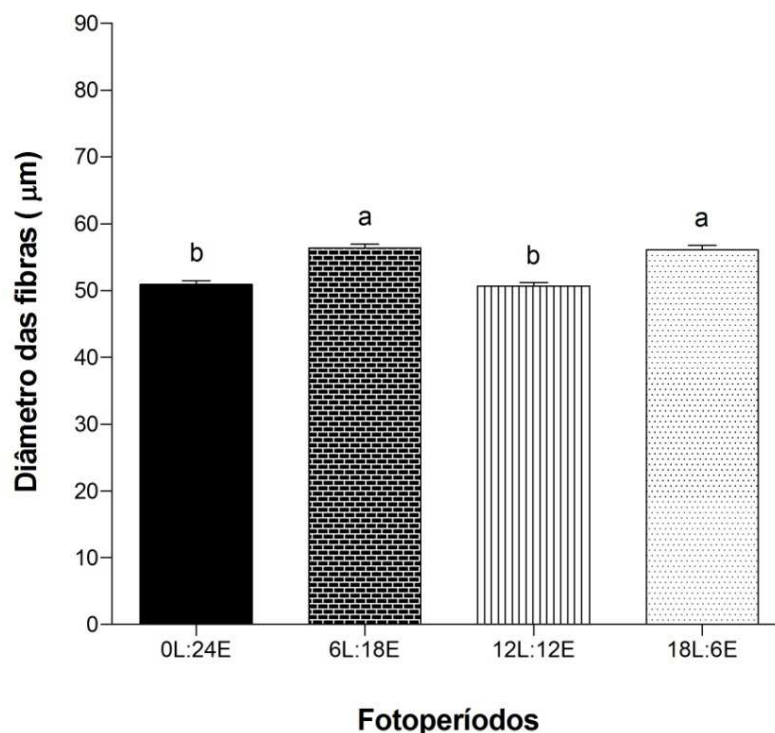


Gráfico 1 Médias $\pm$ erro padrão do diâmetro das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) nos diferentes fotoperíodos. (L:E - Luz:Escuro)

Nota: Tratamentos com letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para cada fotoperíodo, pôde ser observado um menor número de fibras musculares brancas com diâmetro $<20 \mu\text{m}$ e um maior número de fibras com diâmetro $>50 \mu\text{m}$ em todos os tratamentos. Um maior grau de hipertrofia ocorreu nos peixes submetidos aos fotoperíodos de 6L:18E e 18L:6E ($P < 0,05$).

Sendo que o grupo 6L:18E apresentou 56,73%, do total de fibras medidas, pertencentes a classe $>50\ \mu\text{m}$ e o grupo 18L:6E apresentou 55,73% de fibras na mesma classe. Já os fotoperíodos 0L:24E e 12L:12E apresentaram frequências mais baixas de fibras $>50\ \mu\text{m}$, 50,13 e 47,32% respectivamente (Gráfico 2).

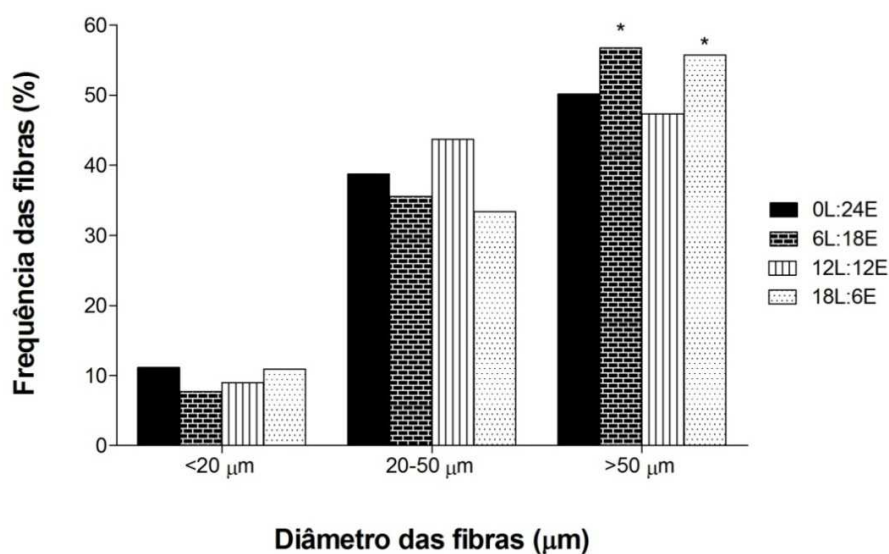


Gráfico 2 Distribuição das frequências (%) dos diâmetros das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) nas classes de diâmetro ($<20\ \mu\text{m}$, $20-50\ \mu\text{m}$ e $>50\ \mu\text{m}$) para os diferentes fotoperíodos

Nota: (L:E - Luz:Escuro). * indica diferença significativa ($P<0,05$) pelo teste qui-quadrado.

3.3 Composição centesimal

Foram encontrados valores médios de umidade entre 72,31 e 72,95%, matéria mineral entre 3,92 e 4,02% e proteína bruta entre 16,27 e 17,14% na carcaça de juvenis de trairão, não sendo verificadas diferenças significativas ($P>0,05$) dessas variáveis entre os fotoperíodos. Contudo, houve efeito ($P<0,05$)

do fotoperíodo no extrato etéreo, sendo que os animais do fotoperíodo 12L:12E foram os que obtiveram valores mais elevados de extrato etéreo em relação aos grupos 6L:18E e 18L:6E, e valor semelhante ao fotoperíodo 0L:24E, como pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4 Médias $\pm$ desvio padrão da composição centesimal de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) submetidos a diferentes fotoperíodos

VARIÁVEIS	FOTOPERÍODOS				
	0L:24E	6L:18E	12L:12E	18L:6E	P
U (%)	72,51 $\pm$ 0,22	72,95 $\pm$ 0,75	72,31 $\pm$ 0,48	72,38 $\pm$ 0,27	0,053
EE (%)	4,13 $\pm$ 0,1 ^{ab}	3,76 $\pm$ 0,26 ^c	4,23 $\pm$ 0,26 ^a	3,87 $\pm$ 0,34 ^{bc}	0,003*
MM (%)	3,92 $\pm$ 0,13	3,96 $\pm$ 0,23	3,95 $\pm$ 0,25	4,02 $\pm$ 0,29	0,851
PB (%)	17,14 $\pm$ 0,26	16,98 $\pm$ 0,77	16,90 $\pm$ 0,59	16,27 $\pm$ 1,25	0,166

Médias seguidas por letras diferentes na linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

* diferença significativa ($P < 0,05$). Umidade (U); Extrato Etéreo (EE); Matéria Mineral (MM); Proteína Bruta (PB); (L:E - Luz:Escuro).

4 DISCUSSÃO

Os animais do fotoperíodo 12L:12E apresentaram elevada taxa de sobrevivência. Neste tratamento, pôde ser observada uma maior uniformidade entre os peixes, ou seja, peixes de tamanhos semelhantes, no final da experimentação. A maior uniformidade dos valores de comprimento e peso dos animais faz com que o canibalismo diminua nesta espécie, favorecendo a sobrevivência (LUZ et al., 2000). A heterogeneidade de tamanho leva à dominância social que resulta em comportamento agressivo e, consequentemente, o canibalismo (HECHT; APPELBAUM, 1988).

Em contrapartida, alta taxa de canibalismo foi verificada no tratamento 6L:18E. Por esta espécie possuir hábito crepuscular e preferir áreas de pouca luz (BUSSING, 1987), o longo período de escuro seguido por um curto período de luz, como neste fotoperíodo, provavelmente, estimulou o comportamento de dominância de alguns animais. Estes animais dominantes, possivelmente, conseguiam se alimentar mais e consequentemente aumentaram o seu tamanho em relação aos outros. O surgimento dessas diferenças de tamanho entre os animais resultou em canibalismo, o que levou à diminuição da densidade dos aquários, contribuindo ainda mais para o crescimento dos animais dominantes. Como consequência de todos esses fatores está o aumento da heterogeneidade dos animais, o que acarretou em maior canibalismo.

De acordo com Reynalte-Tataje et al. (2002), há uma relação direta da sobrevivência com a luminosidade. No estudo destes autores, larvas de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), peixe de hábito alimentar carnívoro nesta fase da vida, tiveram maior sobrevivência e homogeneidade com o aumento do período de luz (24L), apresentando maior canibalismo e heterogeneidade quando mantidas em maior período de escuro (0L). Esses dados corroboram este trabalho, uma vez que houve menor sobrevivência e elevado canibalismo no

grupo com um longo período de escuro (6L:18E), indicando ainda que para *H. intermedius* há a necessidade de um estímulo luminoso curto para favorecer o canibalismo, uma vez que possuem hábito crepuscular.

Por outro lado, Salaro et al. (2011) verificaram que juvenis de trairão sob diferentes intensidades de iluminação, inclusive ausência completa de luz (0 lux), não tiveram o crescimento, sobrevivência, mortalidade ou taxas de canibalismo afetados durante o condicionamento alimentar. Dessa forma, a sobrevivência e canibalismo, possivelmente, não são afetados pela intensidade luminosa e sim pelo fotoperíodo, como verificado no presente trabalho. Adicionalmente no trabalho de Salaro et al. (2011), foi utilizado um período de somente 21 dias de experimentação e neste trabalho foi utilizado 90 dias, outro fator que poderia justificar as diferenças na taxa de sobrevivência e canibalismo encontrados.

O canibalismo e a sobrevivência também foram influenciados pelo fotoperíodo em outras espécies de peixes carnívoros. Larvas de surubi (*Steindachneridion scriptum*) apresentaram baixa sobrevivência à 0L:24E devido ao alto canibalismo e mortalidade (SCHÜTZ et al., 2008). Segundo esses autores, a condição de escuro propicia o aparecimento do canibalismo e as interações agonísticas. No entanto, larvas de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) apresentaram alta taxa de sobrevivência na ausência de luz nos primeiros cinco dias, mas, posteriormente, fotoperíodos intermediários (10L:14E e 14L:10E) foram os que apresentaram melhor sobrevivência (CAMPAGNOLO; NUÑER, 2008). Dessa forma, diferenças encontradas na sobrevivência de diferentes espécies podem ser atribuídas às variações na exigência do fotoperíodo, que é espécie específica, além de depender da fase de desenvolvimento em que se encontra o animal.

Neste estudo, não foram encontrados diferenças no crescimento em peso e comprimento, consumo de ração, conversão alimentar e taxa de eficiência

proteica entre os fotoperíodos. Como em juvenis de esturjão (*Huso huso*), não foi observado diferença significativa no crescimento entre os diversos fotoperíodos (24L:0E, 0L:24E, 18L:6E e 12L:12E) (BANI et al., 2009) e alevinos de tilápia do Nilo também não apresentaram diferença no crescimento quando estes foram mantidos sob os fotoperíodos de 6L:18E, 12L:12E, 18L:6E e 24L:0E, por um período de 90 dias (EL-SAYED; KAWANNA, 2004). O comprimento e o peso de pós-larvas de piracanjuba também não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (14L:10E, 10L:14E, 24L:0E e 0L:24E), porém foi observada maior heterogeneidade entre as pós-larvas cultivadas com maior período de escuridão (REYNALTE-TATAJE et al., 2002).

No crescimento muscular, também se verificou que houve influência do fotoperíodo no diâmetro das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético. Os grupos 6L:18E e 18L:6E foram os que apresentaram os maiores diâmetros das fibras musculares e as maiores frequências no número de fibras na classe >50 µm. Como um maior número de fibras com diâmetro >50 µm indica hipertrofia da fibra muscular (ALMEIDA et al., 2008; ROWLERSON; VEGGETTI, 2001), podemos supor que os fotoperíodos de 6L:18E e 18L:6E podem ter causado uma hipertrofia no tecido muscular estriado esquelético desses peixes.

O crescimento muscular (miogênese) ocorre por hipertrofia e/ou hiperplasia, sendo que a hipertrofia é caracterizada pelo crescimento em comprimento e diâmetro das fibras musculares já existentes, enquanto a hiperplasia é pela formação de novas fibras (HAUGEN, 2006). Em juvenis e adultos, fatores abióticos como o fotoperíodo têm efeitos na sinalização de vias que regulam a proliferação e diferenciação de células miogênicas, síntese e degradação de proteínas e na expressão gênica (JOHNSTON, 2006). Assim o ambiente pode determinar a taxa de miogênese, a composição de organelas

celulares, os padrões de expressão gênica e pode alterar a distribuição das fibras musculares tanto em número quanto em tamanho.

A luz contínua resultou em maior média do diâmetro ($49,8 \pm 0,4 \mu\text{m}$) das fibras brancas de salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (JOHNSTON et al., 2004) e elevado crescimento hipertrófico do tecido muscular de halibute-atlântico (*Hippoglossus hippoglossus*), com a maior média do diâmetro no valor de $50,71 \pm 1,24 \mu\text{m}$ (LOHNE et al., 2012). Calafate-de-riscas (*Umbrina cirrosa*) apresentou maior hipertrofia das fibras brancas no fotoperíodo 16L:8E (AYALA et al., 2013). Tal fato pode ser devido à maior atividade dos animais durante fotoperíodos longos, o que provavelmente resultou em maior hipertrofia das fibras brancas, como ocorrido no grupo 18L:6E deste trabalho.

No fotoperíodo 6L:18E, foi observado maior canibalismo, o que pode ter levado à maior hipertrofia das fibras brancas neste grupo. Este aumento pode ser devido a dois fatores: primeiro, à prática do canibalismo e como consequência os peixes cresceram mais por causa do tipo de alimento consumido e pela menor densidade dos aquários; segundo, à maior atividade dos peixes devido à prática do canibalismo (perseguições e brigas). Isto também pode ser verificado na baixa uniformidade encontrada neste grupo, tanto em peso quanto em comprimento. Assim, é possível que os animais maiores tenham contribuído para o aumento da média do diâmetro e da frequência das fibras de maior diâmetro.

Em relação à composição centesimal dos juvenis de trairões, neste trabalho encontrou-se valores similares aos encontrados por Santos et al. (2001) em filé de traíra (*Hoplias malabaricus*). Na traíra, foram verificados 77,71% de umidade, 20,7% de proteína bruta, 1,39% de matéria mineral e 0,84% de extrato etéreo. Em outras espécies como o goraz (*Pagrus major*), peixe listrado (*Oplegnathus fasciatus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (BISWAS et al., 2005, 2008; MENDONÇA et al.,

2011; VERAS et al., 2014) os percentuais de umidade e matéria mineral não se alteraram com diferentes fotoperíodos, como também foi verificado nos trairões deste trabalho. No entanto, a proteína bruta também não se alterou nos trairões nos fotoperíodos, o contrário foi verificado nas espécies citadas anteriormente.

Somente no extrato etéreo (ou teor de lipídeos) que houve influência do fotoperíodo, uma vez que os animais do grupo 6L:18E foram os que apresentaram o valor mais baixo. Possivelmente, os peixes submetidos a esse fotoperíodo apresentaram maior mobilização de lipídios, necessária para suprir uma demanda energética devido à atividade de canibalismo dos animais. Como este grupo apresentou alto índice de canibalismo, isso indica que, provavelmente, houve atividades como brigas, lutas e fuga entre os animais, o que levou à baixa concentração de lipídio corporal. O contrário pode-se dizer do fotoperíodo 12L:12E que apresentou valor mais elevado de extrato etéreo, indicando baixa demanda energética devido à baixa atividade dos animais uma vez que não houve canibalismo neste grupo, evitando confronto entre os animais.

Adicionalmente, com o alto canibalismo no grupo 6L:18E, os peixes ingeriram, além da ração, um alimento mais completo e de fácil digestão e absorção, o que diminui a deposição de lipídeos. Ao contrário, peixes que ficaram submetidos ao fotoperíodo de 12L:12E, por não ter ocorrido canibalismo, alimentaram somente de ração comercial. Este alimento é de menor digestibilidade e menos completo em nutrientes quando comparado com um peixe ingerido por canibalismo. Além disso, rações para peixes, mesmo para carnívoros, apresentam uma quantidade significativa de carboidratos, que é direcionado para a deposição de gordura.

Segundo Bressan e Perez (2000), o teor de lipídeos é utilizado como critério para comparações entre diferentes espécies de pescado, sendo o pescado gordo com teor de lipídios mínimo de 10%, semigordo entre 2,5 a 10% e magro

com no máximo de 2,5%. Deste modo, o teor de extrato etéreo observado neste estudo permite considerar os juvenis de *Hoplias intermedius* como produto semigordo. Este conhecimento possui importância na validade comercial do pescado e é essencial para a aceitação pelos consumidores (VERAS et al., 2014).

Assim, para o sistema de cultivo de trairão, o regime de fotoperíodo tem que ser considerado. Sugere-se que o melhor fotoperíodo para manter esses animais seria o de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, visto que, estes animais apresentaram aproximadamente 100% de sobrevivência e homogeneidade no crescimento, fatores importantes em uma produção.

Além de se ter uma melhora na sobrevivência e crescimento uniforme dos animais, este fotoperíodo também é de fácil instalação e baixo custo em uma produção, necessitando somente de lâmpadas fluorescentes e *timers* para controlar os períodos para acender e desligar as lâmpadas. Como este fotoperíodo é bem próximo ao que acontece na natureza na região tropical, com variações de algumas horas de acordo com a estação do ano, a manutenção se torna fácil, pois a iluminação natural contribui. Adicionalmente com este fotoperíodo, tem-se um baixo gasto com energia, uma vez que não precisará de longos períodos de iluminação.

Sendo assim, a implantação de um fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro em um sistema de cultivo apresenta baixo custo com um alto ganho na produção desses animais. Fatores estes considerados importantes pelos produtores.

5 CONCLUSÕES

Manipulações no fotoperíodo têm influência sobre a sobrevivência de juvenis de *Hoplias intermedius*, visto que curtos fotoperíodos favorecem o comportamento de canibalismo entre os animais e gera uma menor uniformidade no crescimento. Em consequência deste canibalismo, ocorrem alterações no crescimento hipertrófico do tecido muscular e na quantidade de lipídeos presente na carcaça destes animais.

Dessa forma, o tempo de iluminação é importante nesta espécie. Com este trabalho, pode-se sugerir que o melhor fotoperíodo para manter esses animais seria o de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, visto que, estes animais apresentaram elevada sobrevivência e homogeneidade no crescimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. L. A. de et al. Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. **Micron**, New York, v. 39, n. 8, p. 1306-1311, Dec. 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of the AOAC international**. 16th ed. Arlington, 1990. 1141 p.

AYALA, M. D. et al. Muscle development and body growth in larvae and early post-larvae of shi drum, *Umbrina cirrosa* L., reared under different larval photoperiod: muscle structural and ultrastructural study. **Fish Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 39, n. 4, p. 807-827, Aug. 2013.

BANI, A. et al. Effects of different photoperiods on growth, stress and haematological parameters in juvenile great sturgeon *Huso huso*. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 40, n. 16, p. 1899-1907, Nov. 2009.

BELLO, R. A.; RIVAS, W. G. **Evaluación y aprovechamiento de la cachama, *Colossoma macropomum* cultivada, como fuente de alimento**. Mexico: FAO, 1992. 113 p. (Documento de Campo, 2).

BISWAS, A. K.; ENDO, M.; TAKEUCHI, T. Effect of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed young tilapia *Oreochromis niloticus*, part I. **Fisheries Science**, Berlin, v. 68, n. 3, p. 465-477, June 2002.

BISWAS, A. K. et al. Growth performance and physiological responses in striped knifejaw, *Oplegnathus fasciatus*, held under different photoperiods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 279, n. 1/4, p. 42-46, July 2008.

BISWAS, A. K. et al. Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficiency and digestibility of red sea bream (*Pagrus major*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 250, n. 3/4, p. 666-673, Dec. 2005.

BISWAS, A. K.; TAKEUCHI, T. Effects of different photoperiod cycles on metabolic rate and energy loss of both fed and unfed adult tilapia *Oreochromis niloticus*, part II. **Fisheries Science**, Berlin, v. 68, n. 3, p. 543-553, June 2002.

BOEUF, G.; LE BAIL, P. Y. Does light have an influence on fish growth? **Aquaculture**, Amsterdam, v. 177, n. 1/4, p. 129-152, July 1999.

BRESSAN, M. C.; PEREZ, J. R. O. **Tecnologia de carnes e pescados**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 225 p.

BUSSING, W. A. **Peces de las aguas continentales de Costa Rica**. San Jose: Universidad de Costa Rica, 1987. 271 p.

CAMPAGNOLO, R.; NUÑER, A. P. O. Survival and growth of *Pseudoplatystoma corruscans* (Pisces - Pimelodidae) larvae: effect of photoperiod. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 6, p. 1511-1516, 2008.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. H.; NEVILLE, H. E. **Muscle biopsy: a modern approach**. London: WB Saunders, 1973. 475 p.

EL-SAYED, A. F. M.; KAWANNA, M. Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: I., growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 231, n. 1/4, p. 393-402, Mar. 2004.

FURUYA, W. M. et al. Dietas peletizada e extrusada para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de terminação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 483-487, dez. 1998.

GARDUÑO-LUGO, M. et al. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 34, n. 12, p. 1023-1028, Oct. 2003.

GURGEL, J. J. S.; FREITAS, J. V. F. Sobre a composição química de doze espécies de peixes de valor comercial de açudes do nordeste brasileiro. **Boletim Técnico DNOCS**, Brasília, v. 30, p. 45-57, 1972.

HAUGEN, T. **Muscle growth dynamics and quality of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.)**. 2006. Thesis (Doctor in Aquaculture) - University of Bergen, Norway, 2006.

HECHT, T.; APPELBAUM, S. Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larva and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae: Pisces) under controlled conditions. **Journal of Zoology**, London, v. 214, p. 21-44, 1988.

JOHNSTON, I. A. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. **The Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v. 209, n. 12, p. 2249-2264, June 2006.

JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth: potential implication for flesh quality in fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 177, n. 1/4, p. 99-115, July 1999.

JOHNSTON, I. A. et al. Growth performance, muscle structure and flesh quality in out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts reared under two different photoperiod regimes. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 237, n. 1/4, p. 281-300, Aug. 2004.

KUBITIZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: [s.n.], 2000. 285 p.

LARSON, E. T. et al. Social stress affects circulating melatonin levels in rainbow trout. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 136, n. 3, p. 322-327, May 2004.

LOHNE, P. et al. Interactive effect of photoperiod and temperature on the growth rates, muscle growth and feed intake in juvenile Atlantic halibut. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 43, n. 2, p. 187-197, Jan. 2012.

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

LUZ, R. K. et al. Avaliação de canibalismo e comportamento territorial de alevinos de trairão (*Hoplias lacerdae*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 2, p. 465-469, 2000.

LUZ, R. K. et al. Condicionamento alimentar de alevinos de trairão (*Hoplias* cf. *lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1881-1885, set./out. 2002.

LUZ, R. K. et al. Desenvolvimento de alevinos de trairão com dietas artificiais em tanques de cultivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 1159-1163, jul./ago. 2001.

MENDONÇA, P. P. et al. Influência do fotoperíodo emerald sobre características bromatológicas da carcaça de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 2, p. 213-220, abr./jun. 2011.

PEREIRA, R. T. **Morfologia e crescimento do músculo estriado esquelético em peixes: técnicas de estudo e análise**. 2010. 116 p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

REYNALTE-TATAJE, D. et al. Influência do fotoperíodo no crescimento e sobrevivência de pós larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthyes, Characidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 439-443, 2002.

ROWLERSON, A.; VEGGETTI, A. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In: JOHNSTON, I. A. (Ed.). **Muscle development and growth**. London: Academic, 2001. p. 103-140.

SALARO, A. L. et al. Feed training of juvenile giant trahira under different light intensities. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 11, p. 2290-2293, nov. 2011.

SANTOS, A. B. et al. Composição química e rendimento do filé da traíra (*Hoplias malabaricus*). **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 7/8, n. 1, p. 140-150, 2001.

SANTOS, V. B. dos. Aspectos morfológicos da musculatura lateral dos peixes. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 127-135, 2007.

SCHÜTZ, J. H. et al. 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**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 443-451, 2008.

SCHÜTZ, J. H.; NUÑER, A. P. O. Growth and survival of dorado *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae) post-larvae cultivated with different types of food and photoperiods. **Brazilian Archives of Biology and Technology - An International Journal**, Curitiba, v. 50, n. 3, p. 435-444, May 2007.

TAVARES-DIAS, M. et al. Fauna parasitaria de peixes oriundos de “pesque-pague” do município de Franca, São Paulo, Brasil: II., metazoários. **Revista Brasileira de Zoologia**, Viçosa, MG, v. 18, n. 1, p. 81-95, jul. 2001. Suplemento.

VALENTE, L. M. P. et al. Growth dynamics of white and red muscle fibres in fastand slow-growing strains of rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, London, v. 55, n. 4, p. 675-691, 1999.

VERAS, G. C. **Fotoperíodos no comportamento locomotor e desenvolvimento de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2011. 97 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

VERAS, G. C. et al. Efeito do fotoperíodo sobre a composição do filé de juvenis de tilápia do Nilo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 15, n. 2, p. 168-173, abr./jun. 2014.

VILLAMIZAR, N.; GARCIA-ALCAZAR, A.; SANCHEZ-VAZQUEZ, F. J. Effect of light spectrum and photoperiod on the growth, development and survival of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 292, n. 1/2, p. 80-86, Mar. 2009.

CAPÍTULO 3 Efeito do fotoperíodo sobre parâmetros relacionados a estresse e concentração de IGF-I de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*)

RESUMO

Analisou-se o efeito de diferentes fotoperíodos nos parâmetros relacionados a estresse e concentração de IGF-I de 176 juvenis de *H. intermedius* (peso e comprimento médio de 5,23 g e 6,70 cm). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos, ou seja, fotoperíodos (0L:24E, 6L:18E, 12L:12E e 18L:6E, em que L = horas de luz e E = horas de escuro), e quatro repetições, por um período de 90 dias. Não houve influência do fotoperíodo nas concentrações de cortisol e de glicose, mas, na contagem de leucócitos, houve diferença significativa no número de basófilos e eosinófilos, sendo o grupo 18L:6E com maior número de basófilos e os animais do grupo 6L:18E apresentando maior valor de eosinófilos. Adicionalmente foi observado que os animais do grupo 0L:24E apresentaram alta concentração de IGF-I. Dessa forma, recomenda-se o fotoperíodo de 12L:12E para o cultivo dessa espécie, uma vez que não causa alterações nas células de defesa nem em hormônios.

Palavras-chave: Cortisol. Glicose. Basófilos. Eosinófilos.

ABSTRACT

It was analyzed the effect of different photoperiods on parameters related stress and IGF-I concentration of 176 juveniles of *H. intermedius* (average length and weight of 5.23 g and 6.70 cm). A randomized design with four treatments, or photoperiods (0L:24D, 6L:18D, 12L:12D and 18L: 6D, where L = light hours and D = dark hours) and four replications, for a period of 90 days, was used. There was no influence of photoperiods in cortisol and glucose concentrations, but the leukocyte count had significant difference in the number of basophils and eosinophils, with the group 18L:6D with larger numbers of basophils and the animals of group 6L:18D showing higher value of eosinophils. Additionally, it was observed that the animals of 0L:24D group had high IGF-I concentration. Therefore, it is recommended photoperiod of 12L:12D for the culture of this specie, since it doesn't cause changes in the defense cells nor hormones.

Keywords: Cortisol. Glucose. Basophils. Eosinophils.

1 INTRODUÇÃO

Individualmente ou em conjunto, existem muitos fatores que podem acarretar estresse em peixes, causando alterações na fisiologia dos animais (ADAMS, 1990). Podem ser destacados as mudanças no ambiente físico (temperatura, fotoperíodo), alteração na qualidade da água (pH, oxigênio dissolvido, amônia), parasitismo, fatores sociais (predação e competição) e interferência humana, como as práticas de rotina na piscicultura (WENDELAAR-BONGA, 1997).

As principais respostas ao estresse em peixes teleósteos são os elevados níveis plasmáticos de cortisol e glicose, sendo estes amplamente utilizados como indicadores dessa resposta (BARTON, 2002; BISWAS et al., 2006). Adicionalmente, podem ocorrer alterações na composição das células sanguíneas (PIERSON et al., 2004; WANG; HEIGENHAUSER; WOOD, 1994). Em caso de estresse crônico, o crescimento de peixes pode ser afetado, uma vez que pode ocorrer a supressão da ingestão de alimento (BERNIER; PETER, 2001; WANG; KING; WOODS, 2004) e deslocamento da energia para o restabelecimento da homeostase, reduzindo o crescimento (BARCELLOS et al., 1999; BARTON; IWAMA, 1991; WENDELAAR-BONGA, 1997).

Como mencionado anteriormente, o fotoperíodo é uma possível fonte de estresse para determinadas espécies de peixes. Por exemplo, trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) apresentaram níveis de cortisol elevados após manipulações no fotoperíodo (LEONARDI; KLEMPAU, 2003), e bagres africanos (*Clarias gariepinus*) apresentaram maiores níveis de cortisol e agressividade quando submetidos a regimes de 12L:12E e 18L:6E em relação aos períodos curtos e ausência de luz (ALMAZÁN-RUEDA et al., 2005). Entretanto, outros estudos mostraram que manipulação no fotoperíodo não desencadeou estresse em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), goraz (*Pagrus*

major) e no peixe listrado (*Oplegnathus fasciatus*) (BISWAS et al., 2004, 2008, 2010). Dessa forma, cada espécie possui uma resposta diferente a manipulações do fotoperíodo.

Além da condição de estresse, as alterações de luminosidade podem influenciar a regulação de hormônios, como por exemplo, a melatonina, somatotropinas e hormônios da tireoide (BOEUF; LE BAIL, 1999), que atuam no hipotálamo e interferem no crescimento e sobrevivência de peixes (ZHDANOVA; REEBS, 2006). Em determinadas espécies, os hormônios GH (Hormônio do crescimento) e IGF-I (Fator do Crescimento do tipo Insulina 1), por exemplo, têm suas concentrações alteradas devido ao fotoperíodo (SCHWANDER et al., 1983; TAYLOR; MIGAUD, 2009). O salmão do Atlântico (*Salmo salar*) apresentou aumento nos níveis de GH no plasma com aumento do fotoperíodo (MCCORMICK et al., 1995).

O IGF-I é essencial para o crescimento e desenvolvimento normais, pois é o principal mediador das funções de crescimento pós-natal exercidas pelo GH (SCHWANDER et al., 1983). Estudos têm demonstrado que o IGF-I é um mediador da hipertrofia e da regeneração do músculo esquelético (ADAMS; MCCUE, 1998; MUSARO et al., 2001), uma vez que o IGF-I aumenta a massa, atuando diretamente no aumento da síntese de proteínas e da massa muscular das fibras musculares e também estimulando a fusão de células satélites (proliferação e diferenciação) das fibras musculares já existentes, auxiliando no reparo de regiões danificadas das fibras, promovendo o crescimento muscular (FLORINI et al., 1993).

Portanto, com este estudo objetivou-se analisar o efeito de diferentes fotoperíodos em parâmetros relacionados ao estresse e concentração de IGF-I de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e período pré-experimental

O estudo foi realizado no Laboratório de Fotoperíodo da ala de peixes do Biotério Central da Universidade Federal de Lavras (UFLA), MG.

Alevinos de trairão (*H. intermedius*), com 30 dias após eclosão, foram alocados no laboratório, sendo provenientes da estação de hidrobiologia e piscicultura da Usina Hidrelétrica de FURNAS, localizada na cidade de São José da Barra/MG. Os alevinos foram estocados na densidade de três alevinos/L em aquários de 60 litros (LUZ, 2004), sob sistema de recirculação de água com temperatura a 27°C.

Para adaptação dos alevinos ao consumo de ração comercial, uma vez que em FURNAS a alimentação era feita com zooplâncton, os animais foram submetidos ao condicionamento alimentar. Este procedimento teve duração de 24 dias e seguiu-se metodologia adaptada à descrita por Luz et al. (2002).

Todos os procedimentos experimentais foram realizados de acordo com os princípios éticos da experimentação animal aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (Comissões Permanentes/PRP-UFLA) e registrado em certificado número 004/14.

2.2 Período experimental

Após o condicionamento alimentar, 176 juvenis de trairão com peso médio inicial de $5,23 \pm 1,61$ g e comprimento padrão médio inicial de $6,70 \pm 0,72$ cm foram divididos em lotes homogêneos de 11 peixes/aquário. Foram mantidos em aquários de vidro de 60 litros, nas dimensões 60 x 32 x 31 cm, sob

sistema de recirculação de água com aeração constante por meio de compressor de ar, pedra porosa e temperatura de 27°C.

Os parâmetros de qualidade de água como temperatura (termômetro) e pH (Alcon, Labcon teste para pH Tropical, Brasil) foram monitorados diariamente e a amônia, oxigênio e nitrito (Alcon, Labcon teste para Amônia Tóxica, O₂ Dissolvido e Nitrito NO₂⁻, Brasil), medidos semanalmente. A alimentação dos animais foi feita duas vezes ao dia, às 8 e 17h, com ração comercial extrusada com 45% de proteína bruta em péletes de aproximadamente 2,0 mm de diâmetro, na proporção de 3% do peso vivo/dia.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo o aquário de 60 litros a unidade experimental. Os tratamentos foram os seguintes fotoperíodos: 0L:24E, 6L:18E, 12L:12E e 18L:6E, em que L = horas de luz e E = horas de escuro. Os peixes ficaram nos respectivos fotoperíodos durante 10 dias para a ambientação à nova condição e, posteriormente, deu-se início ao experimento com duração de 90 dias.

Para a iluminação de cada tratamento, foram utilizadas lâmpadas fluorescentes de 40 W, com intensidade de aproximadamente 50,7 lux, medido com luxímetro digital (Minipa MLM-1010) na superfície dos aquários. As lâmpadas foram controladas por *timers* com início do período de luz às 7h, exceto o programa de luz em que os peixes foram mantidos em regime 0L:24E, cuja lâmpada permaneceu desligada por todo o período experimental. Para a iluminação da sala de experimentação, foi utilizada uma lâmpada vermelha de 40 W para se fazer todo o manejo dos animais sem que houvesse interferência nos fotoperíodos, segundo metodologia proposta por Larson et al. (2004). Cada tratamento foi isolado um do outro por paredes de alvenaria e na parte frontal por meio de um sistema de *black out*, impedindo a interposição entre eles.

2.3 Coleta de sangue e análises bioquímicas

Ao final de 90 dias de experimentação, um total de 89 animais foram mantidos em jejum por 24 horas, anestesiados por imersão em água com benzocaína (dose de 190 mg/L), por aproximadamente dois minutos. Por meio de seringa, tipo insulina de 1 mL, com anticoagulante (EDTA), foi retirado aproximadamente 1 mL de sangue pela veia caudal para análise de glicose, cortisol, hemograma e IGF-I. Em seguida, os animais foram eutanasiados por imersão em água com benzocaína (dose de 250 mg/L).

A glicose sanguínea foi avaliada em todos os peixes com uma pequena alíquota de sangue através de aparelho digital de glicose (Kit para análise de glicose humana – BREEZE 2 - BAYER®). Para análise de cortisol e IGF-I, foram coletadas amostras de, respectivamente, 10 e sete peixes para cada tratamento. O sangue foi armazenado em microtubos de plástico de 1,5 mL e centrifugado a 3.000 rpm por 15 minutos. Foi feita a retirada do plasma que foi armazenado em microtubos de plástico de 1 mL a -80 °C.

As análises do cortisol e IGF-I foram feitas por meio da técnica imunoensaio enzimático direto (Kit ELISA para análise de cortisol humano – DIAGNOSTICS BIOCHEM CANADA INC.® e Kit ELISA para análise de IGF-I – DRG®). Na análise hematológica, foram coletadas amostras de sangue de 11 peixes de cada tratamento e preparadas extensões sanguíneas. Posteriormente, foi feita coloração por Panótico Rápido e realizada a contagem diferencial relativa de leucócitos: linfócito, neutrófilos, monócito, basófilo e eosinófilo (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004), na qual foram contadas 100 células de cada lâmina.

2.4 Análise estatística

Inicialmente, foi feita a devida verificação dos pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade da variância (teste de Levene) dos dados. Para dados normais, foi aplicado o teste ANOVA, seguido pelo teste de Tukey em caso de significância e para dados considerados não normais, foi aplicado Kruscal-Wallis. Todas as análises foram realizadas no aplicativo SPSS versão 20, sendo o nível de significância adotado de 5%.

3 RESULTADOS

Foram verificados valores médios de concentração de cortisol plasmático entre 5,47 e 6,54 $\mu\text{g/mL}$ e de glicose sanguínea entre 34,03 e 53,49 mg/dL nos juvenis de trairão. Entretanto, não houve diferença significativa ($P>0,05$) de ambas as variáveis entre os fotoperíodos (Tabela 1).

Tabela 1 Médias $\pm$ desvio padrão das concentrações de cortisol plasmático e glicose sanguínea de juvenis de trairões (*Hoplias intermedius*) submetidos a diferentes fotoperíodos. (L:E - Luz:Escuro)

VARIÁVEIS	FOTOPERÍODOS				P
	0L:24E	6L:18E	12L:12E	18L:6E	
CORTISOL ($\eta\text{g/mL}$)	54,7 $\pm$ 5,75	54,7 $\pm$ 2,76	65,4 $\pm$ 4,65	58,6 $\pm$ 6,04	0,875
GLICOSE (mg/dL)	53,49 $\pm$ 24,64	39,79 $\pm$ 7,21	34,03 $\pm$ 7,54	41,5 $\pm$ 5,05	0,235

Teste de Kruskal-Wallis.

Na contagem diferencial de leucócitos, obteve-se diferença significativa ($P<0,05$) somente na contagem de basófilos e eosinófilos. Os animais do grupo 18L:6E apresentaram maior número de basófilos que os animais do grupo 12L:12E e 0L:24E. Com relação aos eosinófilos, os animais do grupo 6L:18E apresentaram maior valor, enquanto que os do 12L:12E apresentaram o menor valor (Tabela 2).

Tabela 2 Amplitude de variação (Ax), médias (**X**) e desvios padrão das médias (**SX**) das contagens diferenciais dos leucócitos de juvenis de trairão submetidos a diferentes fotoperíodos

VARIÁVEIS	FOTOPERÍODOS					P
		0L:24E	6L:18E	12L:12E	18L:6E	
Linfócito (%)	Ax	23 – 92	29 – 77	34 – 94	35-93	0,169
	$\bar{X}$	67,55	56,82	71,82	60,00	
	S $\bar{X}$	19,506	16,142	18,487	17,407	
Neutrófilo (%)	Ax	7 – 76	22 – 70	5 – 66	0 – 65	0,215
	$\bar{X}$	30,91	41,18	27,82	37,45	
	S $\bar{X}$	19,947	15,955	18,605	18,370	
Monócito (%)	Ax	0 – 6	0 – 2	0 – 2	0 – 4	0,278
	$\bar{X}$	1,36	0,55	0,36	1,27	
	S $\bar{X}$	1,804	0,820	0,674	1,555	
Basófilo (%)	Ax	0 – 1	0 – 3	0 – 0	0 – 4	0,012*
	$\bar{X}$	0,09 b	0,55 ab	0,00 b	1,18 a	
	S $\bar{X}$	0,302	1,036	0,000	1,401	
Eosinófilo (%)	Ax	0 – 1	0 – 6	0 – 0	0 – 1	0,019*
	$\bar{X}$	0,09 ab	0,91 a	0,00 b	0,09 ab	
	S $\bar{X}$	0,302	1,758	0,000	0,302	

Médias seguidas por letras diferentes na linha apresentam diferença significativa ($P < 0,05$).

* diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. (L:E - Luz:Escuro).

Neste estudo, foi observado efeito significativo da manipulação do fotoperíodo na concentração de IGF-I ($P < 0,05$). Os animais do grupo 0L:24E apresentaram a maior concentração de IGF-I ($40,96 \pm 14,65$ ng/mL), enquanto que, os animais dos grupos 6L:18E, 12L:12E e 18L:6E apresentaram valores menores, sendo de $20,88 \pm 9,87$, $24,26 \pm 4,82$ e $20,03 \pm 5,30$ ng/mL respectivamente (Gráfico 1).

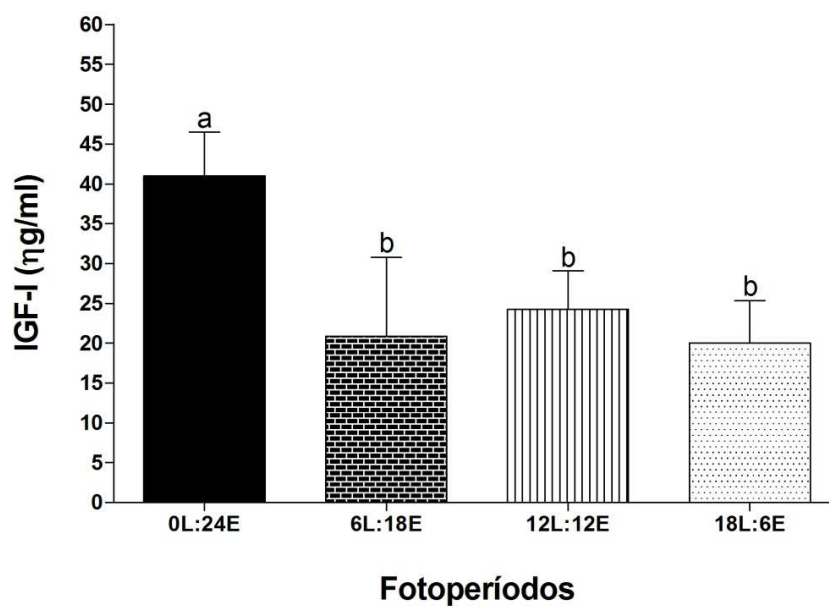


Gráfico 1 Médias $\pm$ erro padrão da concentração do Fator do Crescimento do tipo Insulina 1 (IGF-I) de juvenis de trairão (*Hoplias intermedius*) nos diferentes fotoperíodos

Nota: (L:E - Luz:Escuro). Tratamentos com letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

4 DISCUSSÃO

A concentração de cortisol plasmático verificado neste trabalho com juvenis de *Hoplias intermedius* é comparável aos níveis basais encontrados para *Hoplias malabaricus*, que variou entre 23,95 e 83,81 ng/mL (SAKURAGUI, 2006). Também podemos comparar a níveis basais encontrados para outras espécies como truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), bacalhau-do-atlântico (*Gadus morhua*) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (ALURU; VIJAYAN, 2006; HEBERT; STEFFERSEN, 2005; MONTEIRO et al., 2005; VIANEN et al., 2001). Para a concentração de glicose sanguínea, também verificamos neste estudo valores basais semelhantes aos encontrados em *Hoplias malabaricus*. Segundo Sakuragui (2006), a glicose em níveis normais de *H. malabaricus* variou entre 33,41 a 49,56 mg/dL, o que está de acordo com os valores observados no presente trabalho. Somente os animais do grupo 0L:24E que apresentaram um valor acima (53,49 mg/dL) se comparado ao 49,56 mg/dL de *H. malabaricus*, entretanto não houve diferença com os demais fotoperíodos.

Dessa forma, os resultados apresentados de cortisol e glicose demonstraram que os diferentes fotoperíodos aplicados neste trabalho não causaram resposta significativa de estresse em juvenis de *H. intermedius*, como também verificado em outros estudos. Por exemplo, manipulação do fotoperíodo não causou reação de estresse em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e goraz (*Pagrus major*) (BISWAS et al., 2010; VERAS et al., 2013). Em peixe listrado (*Oplegnathus fasciatus*), além de não causar resposta significativa de estresse, a manipulação do fotoperíodo resultou em um aumento no crescimento dos animais (BISWAS et al., 2008).

Segundo Tavares-Dias e Moraes (2003), outra ferramenta que pode ser utilizada para diagnóstico de estresse, enfermidades e indicador do estado fisiológico e nutricional dos peixes são os parâmetros hematológicos. O que se

verificou neste estudo é que as manipulações no fotoperíodo não causaram alterações na contagem de linfócitos, neutrófilos e monócitos de juvenis de trairão. Somente os basófilos e eosinófilos apresentaram diferença entre os fotoperíodos.

Dentre os leucócitos, os linfócitos foram os que ocorreram em maior percentual, o que é esperado para a família do trairão (Erythrinidae) (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004). Adicionalmente, os valores de linfócitos e neutrófilos encontrados neste trabalho estão de acordo com valores encontrados para *H. malabaricus* (36,1 a 86,5% de linfócitos e 12,4 a 58,4% de neutrófilos) (RIOS et al., 2005; TAVARES-DIAS; MORAES, 2004). Na contagem de monócitos, verificamos valores abaixo dos encontrados em *H. malabaricus* (3,7 a 7,9%) (RIOS et al., 2005; TAVARES-DIAS; MORAES, 2004). Este fato pode ser atribuído aos animais serem de espécies diferentes, uma vez que podem ser encontradas variações desse agranulócito entre as espécies da família Erythrinidae (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004).

Na contagem de basófilos, os animais dos grupos 0L:24E, 6L:18E e 12L:12E apresentaram valores dentro dos verificados em traíra (0 a 0,8%), mas os animais do grupo 18L:6E obtiveram um maior número (1,18%). Para os eosinófilos, foram encontrados quantidades dentro dos verificados para traíra (0 a 0,6%) nos animais dos grupos 0L:24E, 12L:12E e 18L:6E (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004) e os animais do grupo 6L:18E apresentaram valores maiores (0,91%). Segundo Tavares-Dias e Moraes (2004), estas células muitas vezes estão ausentes no sangue periférico, mas quando presentes apresentam frequência relativa baixa.

Dentre as alterações hematológicas causadas por estímulos estressantes estão: aumento ou diminuição, dependendo da espécie, no número de linfócitos; aumento no número de neutrófilos e monócitos; e diminuição no número de eosinófilos (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004). Assim, pode-se dizer que,

provavelmente, a alteração hematológica verificada neste trabalho não apresenta relação com estresse nos animais, uma vez que o número de linfócitos, neutrófilos e monócitos estão dentro dos valores normais e os eosinófilos tiveram um aumento na sua frequência.

A função dos eosinófilos e dos basófilos em peixes não está totalmente esclarecida, porém sabe-se que eosinófilos participam de processos de defesa contra parasitos (MARTINS et al., 2004) e basófilos na fagocitose e são mais frequentes em portadores de parasitoses (RANZANI-PAIVA; SILVA-SOUZA, 2004; SATAKE; PÁDUA; ISHIKAWA, 2009). Dessa forma, isto seria um indicativo de que os fotoperíodos de 18L:6E e 6L:18E causaram uma queda na imunidade corpórea, acarretando em uma possível disseminação de doença e proliferação de organismos patógenos, tais como: bactérias, fungos e protozoários. Segundo Leonardi e Klempau (2003), fotoperíodos artificiais exercem grande influência sobre os mecanismos imunológicos dos peixes.

Outra alteração causada pelos fotoperíodos foi as concentrações plasmáticas do Fator do Crescimento do tipo Insulina 1 (IGF-I). As concentrações de IGF-I encontradas para *H. intermedius* estão dentro dos valores encontrados para outras espécies, como juvenis de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) que apresentaram concentrações variando de 20 a 155 ng/mL de IGF-I ao longo do ano sob fotoperíodo natural (TAYLOR et al., 2005) e halibute (*Hippoglossus hippoglossus*) variando entre 5 e 40 ng/mL (IMSLAND et al., 2008).

Entretanto, os animais do grupo 0L:24E foram os que apresentaram elevada concentração de IGF-I quando comparado aos outros grupos, indicando que o escuro constante provavelmente é um fator que estimula a sua secreção nesta espécie. Da mesma forma em um estudo com rabbitfish (*Siganus guttatus*) sobre o padrão diário de expressão de IGF-I, os autores demonstraram que, em escuro constante, a média da expressão do mRNA de IGF-I no fígado foi alta,

uma vez que houve um pico acentuado durante um período (AYSON; TAKEMURA, 2006).

Há indícios de que poderia existir uma possível relação entre IGF-I e o hormônio melatonina (EKSTRÖM; MEISSEL, 1997; FALCÓN et al., 2010). Durante a fase de escuro há produção e secreção da melatonina, que é produzida pela glândula pineal e é uma das vias de transmissão de informação do fotoperíodo do ambiente para o animal. De acordo com Falcón et al. (2003), a melatonina tem uma ação direta sobre a hipófise estimulando a secreção de GH em peixes teleósteos. Como o GH secretado pela hipófise estimula o fígado a secretar o IGF-I, de forma indireta, a melatonina tem efeito estimulante na secreção de IGF-I. Níveis elevados e constantes de melatonina foram observados em denton comum (*Dentex dentex*) sob regime de completo escuro (PAVLIDIS et al., 1999), assim, é possível que os juvenis de trairão submetidos ao fotoperíodo de 0L:24E também apresentaram níveis elevados de melatonina e esta provavelmente causou um efeito estimulante na liberação de IGF-I.

Entretanto, já foi relatado rápido aumento dos níveis circulantes de IGF-I relacionados com dias longos (TAYLOR; MIGAUD, 2009). Em truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), por exemplo, fotoperíodo longo (18L:6E) causou aumento da concentração plasmática de IGF-I (TAYLOR et al., 2005). Ao contrário, Cruz e Brown (2009) não constataram relação entre o nível de transcrição de IGF-I hepático e a duração da fase de luz (16L:8E e 8L:16E) em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e no peixe híbrido cortador (*Sunshine bass*), também não houve efeito do fotoperíodo (16L:8E e 8L:16E) na concentração de IGF-I (DAVIS; MCENTIRE, 2006). Estes diferentes resultados poderiam ser justificados pela ausência de um tratamento com 0 hora de luz nestes trabalhos, ao contrário do que foi verificado em trairão.

Assim, o regime de iluminação é importante para o sistema de produção do trairão e com este estudo recomenda-se o fotoperíodo de 12 horas de luz e 12

horas de escuro para a criação dessa espécie, uma vez que este não causou alterações em células de defesa nem hormonais. Além disso, este fotoperíodo é próximo ao que ocorre na natureza na região tropical, não alterando, assim, a condição natural do animal, e é viável para o produtor, uma vez que terá baixo custo para manutenção deste fotoperíodo, por ser próximo ao natural e por não ter elevado gasto com energia com um longo período de iluminação.

5 CONCLUSÃO

As manipulações do fotoperíodo feitas neste estudo parecem não ser fonte potencial de estresse em juvenis de *H. intermedius*. Entretanto, determinados fotoperíodos causaram alterações em algumas células de defesa do animal e alterações nas concentrações do hormônio IGF-I. Dessa forma, com este estudo pode-se sugerir que o melhor fotoperíodo a ser utilizado para o cultivo dessa espécie seria o de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, uma vez que este não causou alterações em células de defesa e nem em hormônios, sendo também uma condição viável para os produtores.

REFERÊNCIAS

ADAMS, G. R.; MCCUE, S. A. Localized infusion of IGF-I results in skeletal muscle hypertrophy in rats. **Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 84, n. 5, p. 1716-1722, 1998.

ADAMS, S. M. Status and use of biological indicators for evaluating the effects of stress in fish. In: _____. **Biological indicators of stress in fish**. Bethesda: American Fisheries Society, 1990. p. 1-9.

ALMAZÁN-RUEDA, P. et al. Photoperiod affects growth, behaviour and stress variables in *Clarias gariepinus*. **Journal of Fish Biology**, London, v. 67, n. 4, p. 1029-1039, Apr. 2005.

ALURU, N.; VIJAYAN, M. M. Aryl hydrocarbon receptor activation impairs cortisol response to stress in rainbow trout by disrupting the rate-limiting steps in steroidogenesis. **Endocrinology**, San Diego, v. 147, n. 4, p. 1895-903, Apr. 2006.

AYSON, F. G.; TAKEMURA, A. Daily expression patterns for mRNAs of GH, PRL, SL, IGF-I and IGF-II in juvenile rabbit fish, *Siganus guttatus*, during 24-h light and dark cycles. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 149, n. 3, p. 261-268, Dec. 2006.

BARCELLOS, L. J. G. et al. Plasmatic levels of cortisol in the response to acute stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), previously exposed to chronic stress. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 437-444, June 1999.

BARTON, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative & Comparative Biology**, Oxford, v. 42, n. 3, p. 517-525, 2002.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. **Annual Review of Fish Diseases**, Palo Alto, v. 1, p. 3-26, 1991.

BERNIER, N. J.; PETER, R. E. The hypothalamic-pituitary-interrenal axis and the control of food intake in teleost fish. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part B**, New York, v. 129, n. 2/3, p. 639-644, June 2001.

BISWAS, A. K. et al. Growth performance and physiological responses in striped knifejaw, *Oplegnathus fasciatus*, held under different photoperiods. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 279, n. 1/4, p. 42-46, July 2008.

BISWAS, A. K. et al. Physiological responses in Nile tilapia exposed to different photoperiod regimes. **Journal of Fish Biology**, London, v. 65, n. 3, p. 811-821, Sept. 2004.

BISWAS, A. K. et al. Reproduction, growth and stress response in adult red sea bream, *Pagrus major* (Temminck & Schlegel) exposed to different photoperiods at spawning season. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 519-527, Feb. 2010.

BISWAS, A. K. et al. Stress response of red sea bream *Pagrus major* to acute handling and chronic photoperiod manipulation. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 252, n. 2/4, p. 566-572, Mar. 2006.

BOEUF, G.; LE BAIL, P. Y. Does light have an influence on fish growth? **Aquaculture**, Amsterdam, v. 177, n. 1/4, p. 129-152, July 1999.

CRUZ, E. M. V.; BROWN, C. L. Influence of the photoperiod on growth rate and insulin-like growth factor-I gene expression in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Journal of Fish Biology**, London, v. 75, n. 1, p. 130-141, July 2009.

DAVIS, K. B.; MCENTIRE, M. Effect of photoperiod on feeding, intra peritoneal fat, and Insulin-like Growth Factor-I in Sunshine Bass. **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 37, n. 4, p. 431-436, Dec. 2006.

EKSTRÖM, P.; MEISSL, H. The pineal organ of teleost fishes. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 7, n. 2, p. 199-284, June 1997.

FALCÓN, J. et al. Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 165, n. 3, p. 469-482, Feb. 2010.

FALCÓN, J. et al. Melatonin modulates secretion of growth hormone and prolactin by trout pituitary glands and cells in culture. **Endocrinology**, San Diego, v. 144, n. 10, p. 4648-4658, Oct. 2003.

FLORINI, J. R. et al. IGFs and muscle differentiation. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 343, p. 319-326, 1993.

HEBERT, N. A.; STEFFERSEN, J. F. The response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to progressive hypoxia: fish swimming speed and physiological stress. **Marine Biology**, Berlin, v. 147, n. 6, p. 1403-1412, Oct. 2005.

IMSLAND, A. K. et al. Plasma insulin-like growth factor-I concentrations and growth in juvenile halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): effects of photoperiods and feeding regimes. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v. 151, n. 1, p. 66-70, Sept. 2008.

LARSON, E. T. et al. Social stress affects circulating melatonin levels in rainbow trout. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 136, n. 3, p. 322-327, May 2004.

LEONARDI, M. O.; KLEMPAU, A. E. Artificial photoperiod influence on the immunesystem of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the southern hemisphere. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 221, n. 1/4, p. 581-591, May 2003.

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

LUZ, R. K. et al. Condicionamento alimentar de alevinos de trairão (*Hoplias* cf. *lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1881-1885, set./out. 2002.

MARTINS, M. L. et al. Haematological alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) naturally infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in fish pond. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 5, p. 640-646, 2004.

MCCORMICK, S. D. et al. Increased daylength stimulates plasma growth hormone and gill Na⁺, K⁺-ATPase in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Journal of Comparative Physiology**, Berlin, v. 165, n. 4, p. 245-254, Sept. 1995.

MONTEIRO, S. M. et al. Copper induced alterations of biochemical parameters in the gill and plasma of *Oreochromis niloticus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, New York, v. 141, n. 4, p. 375-383, Aug. 2005.

MUSARO, A. et al. Localized Igf-1 transgene expression sustains hypertrophy and regeneration in senescent skeletal muscle. **Nature Genetics**, New York, v. 27, n. 2, p. 195-200, Feb. 2001.

PAVLIDIS, M. et al. The effect of photoperiod on diel rhythms in serum melatonin, cortisol, glucose, and electrolytes in the common dentex, *Dentex dentex*. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 113, n. 2, p. 240-250, Feb. 1999.

PIERSON, P. M. et al. The stress axis, stanniocalcin, and ion balance in rainbow trout. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 137, n. 3, p. 665-678, July 2004.

RANZANI-PAIVA, M. J. T.; SILVA-SOUZA, A. Hematologia de peixes brasileiros. In: RANZANI-PAIVA, M. J. T.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. A. P. (Ed.). **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Varela, 2004. p. 89-120.

RIOS, F. S. et al. Erythrocyte senescence and haematological changes induced by starvation in the neotropical fish traíra, *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae). **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, Oxford, v. 140, n. 3, p. 281-287, Mar. 2005.

SAKURAGUI, M. M. **Respostas ao estresse osmótico e hipóxico em traíra, *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Erythrinidae) aspectos fisiológicos e adaptativos**. 2006. 102 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SATAKE, F.; PÁDUA, S. B.; ISHIKAWA, M. M. Distúrbios morfológicos em células sanguíneas de peixes em cultivo: uma ferramenta prognóstica. In: TAVARES-DIAS, M. (Ed.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: EMBRAPA Amapá, 2009. p. 330-345.

SCHWANDER, S. C. et al. Synthesis and secretion of insulin-like growth factor and its binding protein by the perfused rat liver: dependence on growth hormone status. **Endocrinology**, Baltimore, v. 113, p. 297-305, 1983.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. de. Característica hematológica da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1986 (Osteichthyes, Cichlidae) capturada em “pesque-pague” de Franca, São Paulo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 107-114, 2003.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. de. **Hematologia de peixes teleósteos**. Ribeirão Preto: Arte Final, 2004. 144 p.

TAYLOR, J. F. et al. Photoperiod influences growth rate and plasma insulin-like growth factor-I levels in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **General and Comparative Endocrinology**, San Diego, v. 142, n. 1/2, p. 169-185, May 2005.

TAYLOR, J. F.; MIGAUD, H. Timing and duration of constant light affects rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth during autumn-spring grow-out in freshwater. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 40, n. 13, p. 1551-1558, Sept. 2009.

VERAS, G. C. et al. Ritmos biológicos e fotoperíodo em peixes. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 62, p. 25-43, abr. 2013.

VIANEN, G. J. et al. Plasma lactate and stress hormones in common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during stepwise decreasing oxygen levels. **Netherlands Journal of Zoology**, Wageningen, v. 51, n. 1, p. 33-50, 2001.

WANG, C.; KING, W.; WOODS, C. Physiological indicators of divergent stress responsiveness in male striped bass broodstock. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 232, n. 1/4, p. 665-678, Aug. 2004.

WANG, Y.; HEIGENHAUSER, G. J.; WOOD, C. M. Integrated responses to exhaustive exercise and recovery in rainbow trout white muscle: acid-base, phosphogen, carbohydrate, lipid, ammonia, fluid volume and electrolyte metabolism. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 195, n. 2, p. 227-258, Oct. 1994.

WENDELAAR-BONGA, S. E. The stress response of fish. **Physiological Reviews**, Baltimore, v. 77, n. 3, p. 591-625, July 1997.

ZHDANOVA, I. V.; REEBS, S. G. Circadian rhythms in fish. In: SLOMAN, K. A.; WILSON, R. W.; BALSHINE, S. (Ed.). **Fish physiology**. New York: Elsevier, 2006. p. 197-238. (Behaviour and Physiology of Fishes, 24).