

VARIAÇÕES CIRCADIANAS DOS NÍVEIS  
PLASMÁTICOS DOS HORMÔNIOS  
TIREOIDIANOS ( $T_3$  E  $T_4$ ) E ASPECTOS DO  
COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *Leporinus*  
*obtusidens Valenciennes, 1847* (OSTEICHTHYES,  
CHARACIFORMES, ANOSTOMIDAE)

WALTER DIAS JÚNIOR

1998

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA

Dias Júnior, Walter

Variações circadianas dos níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos (T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>) e aspectos do comportamento alimentar de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847 (Osteichthyes, Characiformes, Anostomidae) / Walter Dias Júnior. -- Lavras : UFLA, 1998.

66 p. : il.

Orientador: Lea Rosa Mourgués-Schurter.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Leporinus obtusidens*. 2. T<sub>3</sub>. 3. T<sub>4</sub>. 4. Variação circadiana. 5. Piau. 6. Comportamento alimentar. 7. Hora de alimentação. 8. Disponibilidade de ração. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-612.44

-639.30852

45387  
000686 MFAJ.

WALTER DIAS JÚNIOR

VARIAÇÕES CIRCADIANAS DOS NÍVEIS PLASMÁTICOS DOS  
HORMÔNIOS TIREOIDIANOS (T<sub>3</sub> E T<sub>4</sub>) E ASPECTOS DO  
COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *Leporinus obtusidens* Valenciennes,  
1847 (OSTEICHTHYES, CHARACIFORMES, ANOSTOMIDAE)

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte integrante  
das exigências do Curso de Mestrado em  
Zootecnia, área de concentração em  
Nutrição de Monogástricos, para  
obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof.a Dra. Lea Rosa Mourgués-Schurter

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
1908

03 05 99

BIBLIOTECA CENTRAL  
DIA  
var  
03 05 99

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA

Dias Júnior, Walter

Variações circadianas dos níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos (T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>) e aspectos do comportamento alimentar de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847 (Osteichthyes, Characiformes, Anostomidae) / Walter Dias Júnior. – Lavras : UFLA, 1998.

66 p. : il.

Orientador: Lea Rosa Mourgués-Schurter.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Leporinus obtusidens*. 2. T<sub>3</sub>. 3. T<sub>4</sub>. 4. Variação circadiana. 5. Piau. 6. Comportamento alimentar. 7. Hora de alimentação. 8. Disponibilidade de ração. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-612.44

-639.30852

WALTER DIAS JÚNIOR

VARIAÇÕES CIRCADIANAS DOS NÍVEIS PLASMÁTICOS DOS  
HORMÔNIOS TIREOIDIANOS (T<sub>3</sub> E T<sub>4</sub>) E ASPECTOS DO  
COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE *Leporinus obtusidens* Valenciennes,  
1847 (OSTEICHTHYES, CHARACIFORMES, ANOSTOMIDAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte integrante das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 21 de agosto de 1998

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini	UFLA
Prof.a Dra. Priscila Vieira Logato Rosa	UFLA
Prof.a Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati	UNESP/Jaboticabal



Prof.a Dra. Lea Rosa Mourgués-Schurter  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais, Walter e Joana Darc, e a meus irmãos,  
pelo apoio, incentivo e amor,  
em todos os momentos de minha vida e  
pela compreensão nos meus momentos de silêncio,

**DEDICO**

À Moemy por ser uma pessoa importante em minha vida,

**OFEREÇO**

## AGRACECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela saúde.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, na pessoa do Coordenador de Pós-Graduação, Prof. Dr. Antônio Ilson Gomes Oliveira; ao Prof. Dr. Elias Tadeu Fialho e aos Co-Orientadores, Prof. Álvaro João Lacerda de Almeida e Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Dr. José Alair Couto, pelos ensinamentos e pelos serviços de análises laboratoriais prestados.

À Prof.a Dra. Lea Rosa Mourgués-Schurter, pela dedicada orientação, exemplo de vida dedicada ao trabalho e participação na minha formação pessoal.

À Prof.a Dra. Elisabeth Criscuolo Urbinati da Universidade Estadual Paulista (UNESP/Jaboticabal) pela atenção, incentivo e sugestões na área de fisiologia da tireóide.

Ao Prof. Luis Henrique de Aquino, ao Prof. Tarcísio M. Gonçalves e ao amigo Idalmo pela orientação e ensinamentos em estatística.

À Prof.a Dra. Priscila Vieira Logato Rosa, pelo incentivo e apoio.

À Bibliotecária, Maria Aparecida de Carvalho, pela correção das referências bibliográficas.

Ao Prof. Dr. Ricardo Macedo Corrêa da Universidade de São Paulo (USP/ Ribeirão Preto), pela identificação da espécie estudada.

À Prof.a Dayse Lucy M. C. Resende e seu marido Luís Fernando, pelo constante apoio, incentivo e amizade.

À Moemy Gomes de Moraes, pela sua incansável batalha para me incentivar a me tornar uma pessoa melhor, pelo carinho e pela convivência.

À Ariadne Emília. N. P. de Oliveira, do Laboratório de Análises Clínicas da UFLA, pelos ensinamentos e ajuda na amostragem de sangue.

Ao Departamento de Medicina Veterinária, na pessoa do Prof. Sérgio Alves Bambirra, pelo empréstimo da centrífuga.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, José Geraldo, Eleci, Márcio e Suelba pela inegável ajuda durante os trabalhos e ao prestativo Carlos, secretário da Pós-Graduação.

Ao funcionário Guimarães, do Departamento de Química, pela prestativa ajuda nas análises químicas da ração.

Aos estagiários Guilherme, Gian e André, pela valiosa ajuda e companheirismo durante a fase experimental.

À amiga Vera Lúcia Bannys, pela ajuda na fase de redação e pelo constante apoio e amizade, e à Lillian de Oliveira pela ajuda em todas as fases deste trabalho e pelo constante incentivo.

Aos amigos Gidelma, Lucivane e Vespasiano, pela alegre convivência e amizade fraterna.

À Maria Izabel e Zoraia, pela amizade, companheirismo e incentivo.

Aos amigos de Mestrado, Antônio Augusto, Luiz Hernandez (Panamá), Carlos, Márcio, Wiviane, Maria do Socorro, Roseli, Sara pelo companheirismo nas horas de estudo e de diversão.

À Carla C. Cachoni, pela ajuda durante os trabalhos e pelo alegre convívio.

Aos casais de amigos Idalmo e Ira, João e Vânia, Brandão e Adriana Leo e Patrícia, pela amizade.

Aos amigos Mariana, Eduardo, Viviane, Vanessa e Luciana pela ajuda, incentivo e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

**“Grande é a tarefa que nos espera...**

**Para todos os seres humanos constitui quase um dever pensar que o que já se tiver realizado é sempre pouco em comparação com o que resta por fazer.”**

**(João XXIII)**

# SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	1
REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
1.0 Estímulo Alimentar.....	3
1.1 Fotoperíodo.....	4
1.1.1 Hora de alimentação.....	5
1.2 Temperatura.....	6
1.3 Interações sociais.....	6
1.4 Estímulo cerebral.....	7
1.5 Estímulos de origem gastrointestinal.....	8
1.6 Efeito dos níveis energéticos da dieta.....	8
1.7 Fatores metabólicos.....	9
2.0 Fatores Hormonais.....	11
2.1 Hormônios tireoidianos.....	12
2.2 Ação dos hormônios tireoidianos.....	14
a) No aparelho digestivo.....	15
b) No metabolismo dos carboidratos, lipídeos e nitrogênio.....	15
c) Outros efeitos.....	16
2.3 Influência do estado nutricional na função da tireóide nos teleósteos.....	17
CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.0 Local e Período.....	21
2.0 Animais.....	21
3.0 Aquários.....	21
4.0 Água.....	23

4.1 Abastecimento.....	23
4.2 Aeração artificial.....	23
4.3 Monitoramento da qualidade da água.....	23
5.0 Limpeza dos Aquários.....	25
6.0 Ração.....	25
7.0 Anestésico.....	25
8.0 Marcação.....	26
9.0 Primeira Fase Experimental.....	26
9.1 Estudo do horário de fornecimento de ração.....	27
9.2 Estudo do tempo de disponibilidade.....	27
9.3 Consumo diário.....	27
10.0 Segunda Fase Experimental.....	27
10.1 Coleta de sangue para análise dos hormônios tireoidianos.....	28
10.1.1 Material utilizado.....	28
10.1.2 Amostragem.....	28
10.1.3 Extração e armazenamento do plasma.....	29
10.2 Dosagem hormonal.....	29
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
1.0 Horário de Fornecimento de Ração.....	30
2.0 Tempo de Disponibilidade da Ração.....	32
3.0 Consumo de Ração.....	34
4.0 Ciclo Diário do T <sub>3</sub> .....	39
5.0 Ciclo Diário do T <sub>4</sub> .....	43
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 Foto. Disposição dos aquários com tampas, instalações elétrica e hidráulica.....	22
2 Foto. Instalações elétrica, hidráulica e de aeradores nos aquários do experimento.....	22
3 Foto. Detalhe de um aquário mostrando a tubulação de plástico do aerador, pedra porosa, entrada e saída de água.....	24
4 Foto. <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, mostrando a marcação entre nadadeira dorsal e adiposa.....	24
5 Consumo de ração (g/100g peso vivo) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, por horário de fornecimento de ração no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.....	30
6 Ganho de peso (g) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, por horário de fornecimento de ração, no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.....	31
7 Consumo de ração (g/100g peso vivo) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, de acordo com o tempo de disponibilidade da ração (h), no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.....	33
8 Consumo de ração (g/100g de peso vivo) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, nos meses de junho e agosto de 1996.....	33
9 Temperaturas (°C) mínima, máxima e média da água dos aquários durante a amostragem de sangue, nos meses de março/abril, junho e agosto de 1996. ....	35
10 Consumo de ração (g/100g peso vivo) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, nos meses de março a agosto de 1996.....	36

11	Fotoperíodo (h.) nos meses de março a agosto de 1996.....	37
12	Temperatura (°C) média da água dos aquários nos meses de março a agosto de 1996.....	37
13	Fotoperíodo (h.) no período de coleta de sangue em junho e agosto de 1996. ....	38
14	Concentração diária média de T <sub>3</sub> plasmático (ng/%) em relação ao tempo após o fornecimento de ração (h), de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, das classes de peso (A, B, C e D) nas coletas de junho (a) e agosto (b) de 1996.....	40
15	Concentração diária de T <sub>3</sub> plasmático (ng/%) após o fornecimento de ração, em horas, de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, nas coletas de junho e agosto de 1996.....	41
16	Concentração diária de T <sub>4</sub> plasmático (µg/%) após o fornecimento de ração, em horas, de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, na coleta de junho e no quarto dia de coleta do mês de agosto de 1996.....	41
17	Concentração média diária de T <sub>4</sub> plasmático (µg/%), após o fornecimento de ração, em horas, de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, na coleta de agosto de 1996.....	44

## RESUMO

**DIAS JÚNIOR, W. Variações circadianas dos níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos ( $T_3$  e  $T_4$ ) e aspectos do comportamento alimentar de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, (Osteichthyes, Characiformes, Anostomidae). Lavras: UFLA, 1998. 65p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)\***

Com o objetivo de determinar o horário de fornecimento de ração, o tempo de disponibilidade da ração e a curva diária dos níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos ( $T_3$  e  $T_4$ ), foram utilizados 160 pias da espécie *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847. Todos os exemplares eram da mesma idade, imaturos, de ambos os sexos e separados em 4 classes de peso. Eles foram mantidos em 16 aquários de 100 litros, com aeração artificial e fluxo de água de 2 litros/minuto, no período de março a agosto de 1996, na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras. A ração foi fornecida diariamente a uma taxa de 5% do peso vivo, sendo ajustada a cada pesagem dos peixes. Para pesagem, manipulação e tomada de amostras os peixes foram anestesiados com solução de benzocaina (10%). Foram testados 4 horários de fornecimento de ração (10, 14, 22 e 02 h) e 5 tempos de disponibilidade (5, 4, 3, 2 e 1 h) no período de 21 de março a 02 de abril de 1996. Os resultados mostraram que o consumo foi igual para os 4 horários de fornecimento de (4,13g), determinando que esta espécie, em cativeiro, apresenta seu consumo independente do horário de fornecimento de ração. Quanto à quantidade de ração ingerida em relação ao seu tempo de disponibilidade, os resultados permitiram verificar que os pias se saciavam após 2 h de disponibilidade do alimento. O peixe apanha o alimento em qualquer altura da coluna d'água, inclusive no fundo e exibe uma estruturação social no aquário, formando uma hierarquia que resulta na alimentação de alguns animais em primeiro lugar. Verificou-se também que o consumo diário está diretamente relacionado com a temperatura e que é influenciado pelo fotoperíodo. A curva dos níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos foi determinada amostrando-se o sangue dos peixes 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 e 22 h após o fornecimento da ração, em junho e agosto de 1996. As classes de peso (A=63,33g; B=47,78g; C=82,17g e D=90,13g) foram consideradas homogêneas, mostrando que as concentrações plasmáticas de  $T_3$  e  $T_4$  são independentes do peso corporal. O ciclo diário de  $T_3$  e

---

\* Comitê Orientador: Lea R. Mougués-Schurter – UFLA (Orientadora), Antônio Gilberto Bertechini – UFLA, Álvaro João Lacerda de Almeida–UFLA.

## ABSTRACT

**DIAS JUNIOR, W. Circadian changes in thyroid hormones ( $T_3$  and  $T_4$ ) plasma levels and aspects of feed behaviour of *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, (Osteichthyes, Characiformes, Anostomidae). Lavras: UFLA, 1998. 65p. (Dissertation – Master Program in Animal Science).\***

The objective of this study was to determinate the time of feeding, the time of feed availability and the plasma levels of thyroid hormones ( $T_3$  and  $T_4$ ). 160 pias (*Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847), same age, immatures, both sexes were distributed into 4 classes of weight. The fish were kept in 16 aquaria (100 liters), with artificial aeration and 2 liters/min water flow, from March to August, 1996, in the Estação de Piscicultura of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). Daily, the feed was supplied at 5% body weight, adjusted at each weighting. The fishes were anesthetizing with benzocaine (10%) to avoid the stress of handling. This trial tested 4 times of feeding (10, 14, 20 and 2 h) from March 21<sup>th</sup> to April 2<sup>th</sup>, 1996. According to the results, the feed intake was the same in the 4<sup>th</sup> time feeding (4,13g), presenting that this specie kept in aquarium, have their feed intake independent of time of feeding. Concerning to the level of feed intake and time of feed availability, the results allowed to verify that the pias were satiated 2 h. after food availability. The fish take the feed at any part of water column, even in the botton, and show a social structure in aquarium, modeling a hierarchy that leads some fish to feed before the others. It was also possible to verify that the daily intake is directly related with temperature being affected by day-light cicle. The plasma levels of thyroid hormones was determined at 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 and 22 h after food supply in June and August. The classes of weight (A=63,33g, B=74,78g, C=82,17g and D=90,13g) were considered homogeneous, showing that the plasma concetrations of  $T_3$  and  $T_4$  were body weight independents. The daily cicle of plasma  $T_3$  and  $T_4$ , have a correlation with both temperature and feed intake, reaching the highest levels 7 h after the feed supply.

---

\* Guindance Committee: Lea R. Mourgués-Schurter – UFLA (Major Professor), Antônio Gilberto Bertechini – UFLA and Álvaro João Lacerda de Almeida – UFLA.

## INTRODUÇÃO

A alimentação dos peixes, entendida como a frequência diária, horário de alimentação, quantidade de alimento oferecido e o controle contínuo e preciso da quantidade ingerida, é uma das atividades mais importantes em toda criação. Na aquicultura, a alimentação é um dos aspectos que mais se tem a explorar para proporcionar melhorias às condições de produção (Pearson, 1972; Higuera, 1987).

Devido à grande influência ambiental no comportamento alimentar dos teleosteos, as variações sazonais afetam a qualidade do peixe cultivado. Muitos estudos relatam a influência da alimentação como fator que altera ritmos biológicos dos peixes, ritmos estes que estão sob controle de vários hormônios, entre eles os tireoidianos. As variações diárias ou ritmos circadianos na função da tireóide são determinados pela flutuação dos hormônios  $T_4$  e  $T_3$  e têm sido estudados em peixes, mamíferos e aves.

Os peixes representam mais da metade dos vertebrados e constituem um grupo extremamente variado. Segundo Cuenca (1987), “a carpa e o peixe dourado são tão diferentes anatomicamente e filogeneticamente da truta e do salmão, como o cavalo e a galinha são da vaca e da ovelha.” Considerando a forte influência sazonal e a variedade das espécies, não é prudente fazer generalizações.

Parker (1984) recomenda que, para se conseguir maior eficiência de produção, as atividades de criação devem coincidir com os ritmos biológicos dos peixes. Assim, o conhecimento do comportamento alimentar e sua influência no metabolismo da espécie de peixe que se deseja produzir pode contribuir para uma utilização mais adequada da ração, proporcionando aos produtores melhores condições de criação intensiva.

No laboratório de Zoologia da UFLA vêm-se desenvolvendo projetos para o conhecimento da fauna íctica do Rio Grande e, por outro lado, na Estação de Piscicultura da UFLA há um programa de estudo de espécies nativas para piscicultura, direcionado às espécies encontradas na Bacia do Rio Grande.

Dentre as espécies em estudo, o *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, desperta interesse, por ser um peixe com grande potencial econômico, encontrado em vários sistemas de produção intensiva na região do Sul de Minas e no Estado de São Paulo.

Neste contexto, o presente trabalho visou determinar em condições de laboratório, o horário de fornecimento de ração, o tempo mínimo de disponibilidade da ração e a variação circadiana nos níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos ( $T_3$  e  $T_4$ ) após a ingestão de alimento em piaus da espécie *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, Characiformes, Anostomidae.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.0 Estímulo Alimentar

Considera-se estímulo alimentar fatores (externos e internos) que levam o peixe a adotar um comportamento em busca do alimento, localização, captura e ingestão.

A fome é o estímulo mais importante mas a localização visual, sinais químicos (olfato e paladar) e características físicas da ração (tamanho, umidade, brilho, densidade, cor, textura, abrasividade e facilidade de engolir) influem diretamente na ingestão, no comportamento alimentar dos peixes e definem a classificação dos estímulos (Eales e Shostak, 1986; Cuenca, 1987; Millán, 1987).

Lagler et al. (1977) classificam os estímulos alimentares em dois grupos:

- a)- fatores que afetam a motivação interna ou procura de alimento, incluindo hora do dia, fotoperíodo, tempo e natureza da última refeição, temperatura e qualquer outro ritmo interno que possa existir (estímulos que provocam a busca de alimento);
- b)- estímulos alimentares percebidos pelo olfato, paladar, visão e pela linha lateral, que controlam o ato momentâneo da alimentação (estímulos que provocam a ação de se alimentar).

A interação destes dois grupos de fatores determina quando e como um peixe se alimentará.

A hora do dia em que o peixe se alimenta é um fator importante. Alguns peixes que procuram seu alimento pelo olfato e pelo gosto se alimentam predominantemente à noite; outros que localizam seu alimento pela visão são mais ativos durante o dia (Pearson, 1972; Lagler et al., 1977; Noeske e Spieler, 1984; Higuera, 1987). Estes fatores exercem influência direta na ingestão e no

comportamento alimentar dos teleósteos (Lagler et al., 1977 e Cuenca, 1987). A estação do ano influencia a temperatura da água em climas temperados e os níveis da água em climas tropicais, afetando diretamente o comportamento alimentar dos peixes. A oxigenação da água, fator que influi no nível de ingestão alimentar de peixes, é diretamente afetada pela temperatura e, em situações limites, altera o metabolismo dos animais. A densidade de estocagem e o tamanho individual são outros fatores que podem modificar a disponibilidade de oxigênio e se interrelacionam com a temperatura e com o método de alimentação adotado (Higuera, 1987; Zavala-Camim, 1996). Além dos fatores já citados, devemos considerar o pH e a salinidade da água, que também afetam a alimentação (Cuenca, 1987). Por outro lado, alguns peixes param totalmente de se alimentar durante o período de migração e desova e vivem, durante semanas, apenas com suas reservas de gordura (Lagler et al., 1977; Zavala-Camim, 1996).

### 1.1 Fotoperíodo

Os peixes exibem claramente um padrão diário de atividade alimentar e demanda de alimento relacionados ao fotoperíodo, com um pico maior ao amanhecer. Significantes ritmos diários de  $T_4$  e  $T_3$ , em trutas e peixe dourado, apresentaram maior sincronismo ao amanhecer, indicando que tanto a alimentação quanto o fotoperíodo (períodos claro e escuro durante 24 horas) exercem alguma influência neste comportamento. Por exemplo, o catfish (*Heteropneustes fossilis*) tem maior ganho de peso quando alimentado durante a noite e o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) quando alimentado durante o dia (Reddy e Leatherland, 1994).

Nelson et al. (1975) e Phillippens et al. (1977) afirmam que a alimentação relativa ao fotoperíodo pode afetar alguns processos fisiológicos

dos mamíferos. Esta influência foi verificada em teleósteos por Noeske e Spieler, (1984).

### 1.1.1 Hora de alimentação

A hora de alimentação é um importante aspecto para estudos de taxa ótima de alimentação, dieta e frequência alimentar. A taxa ótima de alimentação será diferente, dependendo da hora do fornecimento de ração. Se o alimento é mais eficientemente digerido em determinadas horas do dia, uma menor quantidade de alimento será necessária. Se dietas são consumidas em diferentes períodos do dia, isto confundirá a comparação dos resultados em estudos de nutrição. O efeito das dietas no crescimento dos peixes deve ser comparado somente quando os animais são alimentados no mesmo horário (Noeske e Spieler, 1984). Considerando que o horário de alimentação afeta o ganho de peso em peixes e mamíferos, Noeske e Spieler (1984) e Parker (1984) verificaram que estes efeitos também variam com o período do ano.

Noeske e Spieler (1984) estudaram o efeito da hora de alimentação no crescimento do peixe dourado (*Carassius auratus*) e da carpa comum (*Cyprinus carpio*). Os primeiros foram mantidos em um fotoperíodo de 12L:12E a 14 °C e alimentados a 1% do peso vivo, uma vez por dia, por três semanas nos horários: ao nascer do sol, ao meio dia e no pôr-do-sol. Verificaram para *C. auratus* diferenças no crescimento, dependendo do horário de alimentação relativo ao fotoperíodo. Por outro lado, as carpas mantidas em 16L:8E a 15 °C e alimentadas a 2% do peso vivo, uma vez ao dia, não apresentaram diferenças no crescimento.

As variações na hora de alimentação, em resposta às variações sazonais, podem ser devido a diferenças dos estímulos ambientais ou devido a ritmos endógenos anuais de mudanças fisiológicas e comportamentais dos peixes (Noeske e Spieler, 1984; Reddy e Leatherland, 1994). A hora de alimentação

como estímulo ambiental pode variar entre as espécies e de acordo com diferenças espécie-específicas. A maioria dos estudos realizados com a hora de alimentação mostraram que os peixes possuem distintas preferências, o que pode ser observado também nos estudos de Mourgués-Schurter (1994).

Os diferentes regimes de alimentação adotados por pesquisadores que estudam estes efeitos tornam difícil a comparação dos dados (Reddy e Leatherland, 1994).

O conhecimento da hora de alimentação é uma valiosa ferramenta para a aquicultura, podendo ser direcionado para aumentar o ganho de peso de acordo com a espécie e com a estação do ano (Noeske e Spieler, 1984).

## **1.2 Temperatura**

As variações da temperatura ambiental alteram o metabolismo dos peixes, modificando as necessidades energéticas, a utilização digestiva de nutrientes como a gordura e a quantidade de alimento ingerido (Pearson, 1972; Phillips, 1972; Cuenca, 1987; Stefens, 1987; Higuera, 1987; Angelini et al, 1992).

Em determinadas temperaturas, algumas espécies de peixes param de comer (Pearson, 1972; Eales e Shostak, 1986), ou reduzem muito o consumo, como comprovado por Mazur et al (1993), estudando a evacuação gástrica de salmões.

Experimentos com o peixe dourado (*C. auratus*) mostraram que, quando se abaixa a temperatura de 25 °C para 10 °C, o peixe pára de comer e, quando a temperatura aumenta, o peixe volta a comer. Com isto, foi comprovado que a ingestão de alimento é ajustada pela temperatura (Rozin e Mayer, 1961; Cuenca, 1987; Higuera, 1987; Smith, 1989).

### **1.3 Interações sociais**

As interações sociais também influem no comportamento alimentar. Têm-se encontrado efeitos intraespecíficos em salmonídeos, como o desenvolvimento de uma hierarquia social nas populações durante a escassez de alimento (Fenderson e Carpenter, 1971; Randolph e Clemens, 1976; Noeske e Spieler, 1984; Magnuson, 1962).

Foi comprovado, também, que em baixas densidades, quando se oferece alimento em excesso, os peixes grandes não têm vantagens competitivas sobre os pequenos em termos de acesso ao alimento e todos crescem rapidamente. Parece claro que, quando a administração do alimento é limitada, o estabelecimento de hierarquia social proporciona uma “adequada” repartição do alimento, gerando um rápido crescimento dos peixes dominantes e um baixo crescimento dos subordinados (Cuenca, 1987).

### **1.4 Estimulo cerebral**

O hipotálamo possui um papel central no controle nervoso da ingestão de alimento em mamíferos. Existe um centro de saciedade situado no hipotálamo, cuja estimulação provoca alterações no comportamento alimentar, tanto na frequência de alimentação como na quantidade de alimento ingerido (Higgs e Eales, 1977; Cuenca, 1987). Experimentos de lesões em áreas hipotalâmicas específicas podem induzir hiperfagia seguida de obesidade, ou hipofagia com desnutrição, dependendo da área lesionada (Demski e Knigge, 1971; Peter, 1979; Cuenca, 1987).

Experimentos com tilápias mostraram que fibras olfativas se dirigiam para determinada região do hipotálamo. Os peixes que tiveram estes terminais destruídos tornaram-se mais “torpes” em relação à conduta alimentar, perdendo a capacidade de detectar o alimento pelo olfato, mas não perderam totalmente a conduta alimentar, pois o paladar e a visão também são usados para o mesmo

fim (Demski, 1973). A clara existência de uma área hipotalâmica para a alimentação (hypothalamic feeding area - HFA) tem sido repetidamente mostrada (Regate, 1974; Cuenca, 1987).

Pesquisas com peixe dourado (*C. auratus*) mostraram que a estimulação elétrica sistemática em certas áreas hipotalâmicas provocava uma conduta típica de busca de alimento, inclusive em animais previamente saciados. Resultados semelhantes foram encontrados para tubarões, o que faz pensar em um mecanismo comum para elasmobrânquios e teleósteos (Demski, 1977; Cuenca, 1987).

### 1.5 Estímulos de origem gastrointestinal

A distensão mecânica do estômago ou do intestino delgado tem sido considerada como um dos estímulos mais eficazes para induzir sensação de saciedade em mamíferos (Cuenca, 1987).

A aparição da sensação de apetite com o grau de esvaziamento gástrico tem sido estudada em teleósteos. Em algumas espécies de peixes, foram encontrados relações estreitas entre o tempo necessário para esvaziar o estômago e o retorno do apetite (Grove et al., 1978; Cuenca, 1987) e que a temperatura exerce uma influência direta no tempo de esvaziamento (Mazur et al., 1993).

Um aumento da temperatura ambiente provoca, dentro de certos limites, uma demanda mais freqüente de alimentação pelo peixe e exerce um efeito direto sobre as necessidades energéticas, sem descartar uma ação conjunta do efeito acelerador do esvaziamento gástrico e da temperatura (Lovell, 1989; Fletcher, 1984; Cuenca, 1987).

Por outro lado, Higgs e Eales (1977) sugerem que a presença de alimento no tubo digestivo ou os produtos da digestão podem ser fatores estimulantes para ativar a ação de hormônios.

## **1.6 Efeito dos níveis energéticos da dieta**

Os peixes, como os outros animais, ingerem alimento para satisfazer suas necessidades energéticas, o que pode afetar a aceitabilidade da dieta e, conseqüentemente, a quantidade de alimento consumido (Higuera, 1987). No estudo do efeito do conteúdo energético do alimento no consumo de ração dos peixes foi observada uma relação inversa entre as calorias da dieta e consumo total (Lee e Putman, 1973; Page e Andrews, 1973; Grove et al, 1978; Marais e Kissil, 1979).

O animal possui a capacidade de regular a magnitude da ingestão de alimento com suas necessidades nutricionais. O acesso limitado a um alimento balanceado produz uma perda progressiva do apetite como resposta. Idêntico efeito pode ser observado em excessos alimentares (Cuenca, 1987).

Estudos baseados no condicionamento do peixe dourado (*C. auratus*), em que ele “aprende” a selecionar a quantidade e a qualidade de suas refeições, concluíram que: cada indivíduo tem seu ritmo diário, particular de alimentação e ajuste da quantidade e da qualidade do alimento que ingere. Uma variação da temperatura da água altera a demanda de ração, provando que o peixe ajusta sua ingestão dietética ou calórica em níveis suficientes para manter sua taxa metabólica (Rozin e Mayer, 1961).

Os efeitos dos níveis de ingestão no metabolismo tireoidiano das trutas, observados por Higgs e Eales (1977), sofrem influência do desbalanço proteína/caloria.

## **1.7 Fatores metabólicos**

De acordo com a atividade dos peixes, pode-se estabelecer três níveis metabólicos: metabolismo basal ou standart – que se caracteriza por corresponder a uma atividade metabólica mínima de um peixe em repouso; metabolismo de rotina – peixes mantidos em condições normais, sem nenhuma

situação estressante; e metabolismo de atividade – grupo de peixes em fase de digestão ou submetidos a esforços como máxima velocidade de natação. Com base nos conhecimentos atuais, pode-se afirmar que existem poucas diferenças apreciáveis nos níveis metabólicos entre as diversas espécies de peixes (Steffens, 1987).

O metabolismo pode dividir-se em externo, que compreende a quantidade e qualidade das substâncias ingeridas e excretadas pelo organismo, e é o que mais interessa ao piscicultor prático; e metabolismo intermediário, no qual se incluem as transformações que ocorrem no interior do corpo. O metabolismo transforma a energia necessária para os processos vitais, compensa as perdas de substâncias resultantes do desgaste e excreção e atende o desenvolvimento e crescimento do organismo (Steffens, 1987).

O jejum e a alimentação são possivelmente os responsáveis diretos pelas variações nos níveis circulantes de metabólitos como a glicose e aminoácidos e por induzir mudanças no estado hormonal geral, alterando o estado metabólico e a distribuição de energia (Cuenca, 1987). Higgs e Eales (1978) consideram que o jejum crônico pode reduzir o metabolismo e a taxa de secreção da tiroxina ou alterar o metabolismo periférico dos hormônios tireoidianos. Verificaram, também, que a função da tireóide de *Mugil auratus* é influenciada pelos níveis de ingestão alimentar. Também, Urbinati e Souza (1996), estudando o pacu, observaram redução dos níveis de hormônios tireoidianos na restrição alimentar.

Um dos modelos amplamente estudados em mamíferos, mas bastante contraditório para peixes carnívoros, é a teoria glicostática, onde a glicemia detectada por receptores situados no hipotálamo é o principal condicionante da atividade deste, ativado pela hipoglicemia e desencadeando um típico comportamento alimentar, assim como modificações da atividade hormonal. Não parece muito claro o papel da hiperglicemia como indutor da saciedade, mas de qualquer modo, ainda existem numerosas falhas neste modelo (Cuenca,

1987). A inexistência de glicoreceptores no hipotálamo dos peixes explica a falta de uma correlação entre ingestão e níveis séricos de glicose (Cuenca, 1987).

Tal como ocorre em mamíferos, os níveis plasmáticos de aminoácidos livres em peixes estão correlacionados com o da dieta. Um nível excessivo de proteína na dieta pode suprimir o apetite, portanto, o principal determinante para o balanço energético dos peixes são os níveis circulantes de aminoácidos, mais que a glicemia. Isto concorda com a afirmação de que o principal componente do alimento dos peixes é a proteína. Ainda não estão claros os mecanismos centrais envolvidos, de qualquer maneira, parece existir um mecanismo de controle (Cuenca, 1987).

Phillips (1972) e Prejs e Colomine (1981) descreveram vários métodos para determinar a quantidade de alimento consumido num tempo determinado, baseados em: peso corporal, tamanho corporal, taxa de crescimento, taxa de passagem, conteúdo calórico da dieta e balanço de nitrogênio. Todos estes sistemas são essencialmente relacionados ao metabolismo total e no efeito que os diferentes fatores exercem nas taxas metabólicas.

## **2.0 Fatores Hormonais**

Em mamíferos, a ingestão de alimento induz mudanças nos níveis circulantes de alguns hormônios como a colecistoquinina e a insulina (Cuenca, 1987) e em pacus (*Piaractus mesopotamicus*) foi mostrado esse mesmo efeito no metabolismo periférico dos hormônios tireoidianos (Urbinati e Souza, 1996).

As possibilidades de relação entre ingestão de alimento, liberação hormonal e metabólitos são numerosas, não estando estabelecida a seqüência dos mecanismos envolvidos. Sua forma de ação no eixo hipotálamo-hipófise-tireóide e no metabolismo periférico dos hormônios tireoidianos de teleósteos ainda não é bem conhecida, assim como também não são conhecidas as

condições nutricionais que podem afetar o sistema tireoidiano (Cuenca, 1987; Urbinati e Souza, 1996).

Determinadas espécies de peixes seguem ciclos de engorda anual ou modificam seu comportamento alimentar ou a magnitude de suas reservas energéticas em relação ao desenvolvimento sexual, fase esta em que determinados hormônios alcançam proporções limiares. Por outro lado, também está comprovado o efeito estimulante dos hormônios tireoidianos sobre o crescimento de muitas espécies de peixes, mas não se sabe a que nível o hormônio exerce seu efeito. Assim, os princípios hormonais indutores de crescimento podem atuar melhorando a ingestão de alimento ou sua eficiência de conversão (Donaldson et al, 1979; Cuenca, 1987).

Os efeitos positivos dos hormônios sobre o apetite, detectados por Gross et al (1963) e Higgs e Eales (1977), parecem ser respostas às mediações destes hormônios sobre a conversão dos alimentos. Os efeitos hormonais são também dependentes de fatores como estado nutricional prévio e condições ambientais (Donaldson et al, 1979; Cuenca, 1987).

## **2.1 Hormônios tireoidianos**

A produção de hormônios tireoidianos, tiroxina ( $T_4$ ) e triiodotironina ( $T_3$ ), aminoácidos iodados derivados da tirosina (Lehninger, 1984), é regulada pelo hormônio tireotrópico da pituitária ou hormônio tireo-estimulante (TSH) e por um sistema de autoregulação no interior da glândula tireóide (Donaldson et al, 1979; DeGroot, 1995). Na tireóide fazem parte da tireoglobulina (TG), são sintetizados (em resposta a sinais recebidos pelo hipotálamo) e armazenados no lúmen folicular (Gorbman, 1969; Medeiros e Nicolau, 1977; Lehninger, 1984; Kaneko, 1989; DeGroot, 1995). Praticamente, todo  $T_3$  e  $T_4$ , recém formados permanecem ligados à tireoglobulina no lúmen folicular e no plasma sangüíneo até que passe para a forma livre pela ação de enzimas proteolíticas. No sangue,

eles circulam como aminoácidos livres, em ligação reversível com a proteína ligante dos hormônios tireoidianos (Donaldson et al 1979; Lehninger, 1984; DeGroot, 1995).

Os hormônios tireoidianos dos peixes são moléculas relativamente pequenas e são iguais às de todos os vertebrados (Gorbman, 1969 e Gorbman et al, 1983). Contudo os peixes diferem na proporção da tiroxina para a triiodotironina formada na tireóide e liberada no sangue. Como exemplo, o barrigudinho da lama, *Umbrina limi*, que sob certas circunstâncias naturais possui consideráveis quantidades de  $T_3$  e nenhuma de  $T_4$ . O peixe dourado, *C. auratus*, e o *Lepomis gibbosus* representam peixes que produzem pouco hormônio tireoidiano (Gorbman, 1969).

$T_3$  e  $T_4$  são as principais formas de hormônio tireoidiano encontrados na circulação. O  $T_4$  circulante origina-se unicamente da secreção da glândula tireóide. A produção diária normal e a remoção de  $T_4$  varia em relação direta com o tamanho do corpo e mais precisamente com a área corporal. O  $T_4$  possui uma média de 7 a 8 dias de vida na circulação. Aproximadamente 80% de  $T_3$  originam-se da monodeiodação do  $T_4$  por enzimas deiodinases localizadas nos tecidos periféricos, o que equivale a aproximadamente 1/3 da secreção diária de  $T_4$ . O restante de  $T_3$  é diretamente secretado pela tireóide (DeGroot, 1995).

Estudos da cinética da taxa de secreção dos hormônios tireoidianos e do seu transporte mostraram que existe mais  $T_3$  no sangue e nos tecidos alvo do que normalmente é secretado pela tireóide. Assim, uma considerável fração do  $T_4$  secretado é convertido a  $T_3$  pela remoção de um átomo de iodo do anel fenólico. Em várias espécies de peixes, estimam-se que 40 a 70% de todo o  $T_4$  é deiodado. De fato, em algumas espécies (como na truta do riacho), embora haja uma pequena produção de  $T_3$  pela tireóide, 50% do hormônio tireoidiano do sangue são  $T_3$  (Gorbman et al, 1983).

As variações diárias dos hormônios tireoidianos em peixes teleósteos foram estudadas por Spieler e Noeske (1979, 1981, 1984) em peixe dourado; Stacey et al (1984) em white sucker; Rydevik et al (1984, 1989), Youngson e McLay (1989) em salmão; White e Henderson (1977), Leatherland et al (1978), Osborn et al (1978), Eales et al (1981), Flood e Eales (1983), Mc Cormick e Naiman (1984), Cook e Eales (1987), Reddy e Leatherland ( 1994, 1995) em trutas.

## 2.2 Ação dos hormônios tireoidianos

Os hormônios tireoidianos parecem atuar nos processos de transferência de elétrons produtores de energia nos sistemas enzimáticos respiratórios das mitocôndrias. Em níveis fisiológicos, os hormônios tireoidianos aumentam a transcrição do RNAm, provavelmente, via AMPc. Estas substâncias parecem atuar no núcleo, no retículo endoplasmático e nas mitocôndrias das células alvo. Elas aceleram vários processos, tais como o catabolismo protéico, o ritmo de renovação de carboidratos e lipídeos e a mobilização de cálcio nos ossos (Medeiros e Nicolau, 1977; DeGoot, 1995).

A ligação do  $T_3$  ao núcleo tem sido evidenciada nas células hepáticas, renais e hipofisárias. O  $T_3$  penetra nas células e liga-se às mitocôndrias e aos núcleos sem carreadores específicos. A maior afinidade das organelas pelo  $T_3$  concorda com a hipótese de que o  $T_3$  é a forma ativa e o  $T_4$  um pró-hormônio (Medeiros e Nicolau, 1977; DeGoot, 1995).

Em teleósteos existem alguns fenômenos fisiológicos nos quais a tireóide aparentemente exerce alguma função: no sistema nervoso central, no comportamento e produzindo efeitos estruturais ( Gorbman, 1969).

Quanto à velocidade de ação, os hormônios tireoidianos são lentos. Produzem resposta máxima em seu tecido alvo depois de horas ou de vários dias (Lehninger, 1984) e atuam nos tecidos diferentemente, conforme a espécie de

peixe, o que sugere maiores estudos para a melhor compreensão da ação destes hormônios nos teleósteos (Phelps e Cyrino, 1992).

#### **a) No aparelho digestivo**

O trato digestivo em alguns animais pode ser profundamente alterado pelas mudanças na função da tireóide. Na metamorfose do girino (herbívoros) para rã (carnívora), o intestino diminui de tamanho em 80% do total. Estas mudanças envolvem um processo degenerativo e fases de diferenciação que são induzidas pelos hormônios tireoidianos (Gorbman et al, 1983).

Parece estar bem estabelecido que o  $T_4$  estimula a atividade motora do estômago e intestino, acelerando o movimento do alimento através do intestino. A secreção do ácido clorídrico em humanos é freqüentemente reduzida pelo hiper ou hipotireoidismo (Gorbman et al, 1983).

O  $T_4$  aumenta a taxa de absorção de glicose, galactose, ácido oléico e vitamina A no intestino de ratos. Este é um efeito básico sobre o mecanismo intestinal epitelial de transporte metabólico, presumivelmente com a influência da fosforilação celular (Gorbman et al, 1983).

#### **b) No metabolismo dos carboidratos, lipídeos e nitrogênio**

Kehdi, Urbinati e Dias (1996) estudaram a participação dos hormônios tireoidianos no aproveitamento de carboidratos em pacus, *Piaractus mesopotamicus*. Verificaram que os níveis glicêmicos aumentam com o tempo, num perfil semelhante ao dos hormônios tireoidianos em peixes alimentados com dietas contendo 35% e 50% de carboidratos, sugerindo uma participação direta destes hormônios no controle da utilização de carboidratos por essa espécie.

Geralmente, hipotireoidismo está associado com hipoglicemia, enquanto hipertireoidismo ou administração de T<sub>4</sub> freqüentemente produzem hiperglicemia (Gorbman et al, 1983).

O tratamento com hormônios tireoidianos, em peixes ou mamíferos, favorece a lipólise (liberação de gordura armazenada nas células adiposas), aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres no plasma sanguíneo. T<sub>4</sub>, in vitro, também possui efeito lipolítico, particularmente quando atua junto com a adrenalina (Gorbman et al, 1983).

O efeito do hormônio tireoidiano no metabolismo do nitrogênio varia com a dosagem e com o estado fisiológico do organismo. Dosagens adequadas de T<sub>4</sub> em animais jovens, administradas especialmente com o hormônio de crescimento, podem estimular o crescimento e deposição de novas proteínas. A deposição de guanina na pele dos peixes pode ser considerada outro exemplo de uma ação anabólica do T<sub>4</sub> (Gorbman et al, 1983).

Em salmões, o tratamento com hormônio tireoidiano estimulou a incorporação de aminoácidos na hemoglobina e outras proteínas plasmáticas e do fígado (Gorbman et al, 1983).

Thornburn e Matty (1963), estudando a excreção de amônia pelo peixe dourado e trutas, mostraram que a tiroxina afeta o metabolismo do nitrogênio e estimula a incorporação de <sup>14</sup>C da leucina na proteína.

A tiroxina, quando em excesso, promove um balanço nitrogenado negativo, por um catabolismo protéico acentuado. Isto pode ser contornado por uma ingestão aumentada de alimentos (Medeiros e Nicolau, 1977).

### c) Outros efeitos

Gorbman (1969) afirma que os hormônios tireoidianos em teleósteos atuam também no metabolismo tegumentar, na osmorregulação, nos tecidos,

comportamento motor (orientação e migração) e no aumento da sensibilidade olfativa.

A glândula tireóide apresenta maior atividade durante a maturação sexual e estágio maduro (Alexandrino et al, 1992).

O hormônio tireoidiano atua sobre os tecidos, maturando-os e promovendo o seu crescimento através de ação mitogênica. Estudos mostraram que o crescimento dos teleosteos pode ser estimulado ou não responder ao tratamento com T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>, gerando controvérsias (Medeiros e Nicolau, 1977; Donaldson et al, 1979; Gorbman et al, 1983; Phelps e Cyrino, 1992). O T<sub>4</sub> sozinho não tem a capacidade de estimular o crescimento dos peixes, mas atua como sinérgico do hormônio do crescimento, aumentando a sensibilidade dos tecidos para este hormônio (Gorbman et al, 1983).

Através de estudos realizados em *C. auratus* e em fêmeas de *Ictalurus punctatus* criados em sistema de cultivo, pôde-se verificar a participação dos hormônios tireoidianos na iniciação e aceleração do processo de vitelogênese (Alexandrino et al, 1992). O mesmo autor sugere uma maior atividade glandular, próximo ao período de reprodução.

### **2.3 Influência do estado nutricional na função da tireóide dos teleosteos**

Estudos da função da tireóide, com aplicação de iodo marcado, mostraram que o jejum diminui a função da tireóide (Donaldson et al, 1979), os níveis de hormônio no plasma (Osborn e Simpson, 1972; Higgs e Eales, 1978), perdas plasmáticas e metabolismo periférico do T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub> (Eales e Sinclair, 1974; Higgs e Eales, 1977).

Higgs e Eales (1978) demonstraram que o nível de T<sub>4</sub> plasmático e sua taxa de degradação em trutas estavam diretamente relacionados à ingestão de ração. Observaram que, de acordo com a variação da porcentagem de fornecimento de ração em relação ao peso corporal, variavam os níveis de T<sub>4</sub> no

sangue (0% - 0,47ng/ml; 2,5% - 1,36ng/ml e 5% - 3,42ng/ml de T<sub>4</sub>), com a temperatura da água entre 10,5 a 12,5 °C.

Foi encontrado, também, em trutas, efeito do nível de ingestão de alimento na função da tireóide, assim como influência da composição da dieta no metabolismo do T<sub>4</sub>. Nas trutas alimentadas com uma dieta altamente protéica e calórica, verificou-se maior degradação do T<sub>4</sub>, em relação àquelas alimentadas com uma dieta pobre em proteínas e calorias. Notou-se, também, que a truta alimentada com alta taxa de proteína teve um aumento na deiodação do T<sub>4</sub> para formação de T<sub>3</sub> e elevada excreção enterohepática dos hormônios, quando comparada com as trutas alimentadas com dieta pobre em proteínas (Higgs e Eales, 1977 e 1978). Donaldson et al (1979), considerando que a composição da ração exerce efeito na atividade da tireóide de *Mugil auratus*, verificaram que aquela influenciou o nível de T<sub>4</sub> do plasma em truta arco-íris a 7 °C, mas não influenciou a 19 °C.

Dois mecanismos são propostos por Eales e Sinclair (1974), para explicar o estímulo da função da tireóide pela ingestão de alimento, em trutas. O primeiro é que a ingestão pode, de algum modo, estimular o eixo hipotálamo-pituitária. Como resultado tem-se um aumento do nível de hormônio tireoidiano no plasma, levando a uma maior perda do hormônio via excreção e/ou rotas de degradação. O segundo mecanismo proposto supõe que a ingestão de alimento pode aumentar a excreção biliar-fecal e/ou a deiodação do hormônio tireoidiano circulante, de forma que o nível de hormônio tireoidiano do plasma fica temporariamente baixo. Um feedback negativo será então exercido no eixo hipotálamo-pituitária-tireóide para aumentar a produção do hormônio tireoidiano. Estes mesmos autores citam que podem estar atuando tanto o mecanismo de estímulo do eixo hipotálamo-pituitária como o que causa uma queda temporária nos níveis plasmáticos dos hormônios.

O sistema de conjugação de iodoproteína no sistema enterohepático parece ser um efetivo sistema de regulação dos níveis de hormônios tireoidianos circulantes nos peixes, juntamente com o eixo pituitária-tireóide (Donaldson et al, 1979; Kaneko, 1989). Em trutas e catfish em jejum, o sistema não parece ser uma característica relevante (Donaldson et al, 1979).

O tratamento com hormônio tireoidiano pode intensificar o crescimento dos teleosteos pelo aumento voluntário da ingestão de alimentos (Gorss et al, 1963) bem como a absorção de nutrientes pelo intestino (Donaldson et al, 1979).

## CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

Conhecida popularmente como “piauí, piavuçu, piavaçu, piaba-uçu, piabaçu, piarauçu e boga”, a espécie *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, é distribuída na Colômbia, Guianas, Amazônia e Rios Araguaia, São Francisco, Paraguai, Paraná, Grande, Pardo, Parnaíba, Tietê, Mogi-Guaçu, da Prata e Uruguai (Godoy, 1987; Nomura, 1984). Alimenta-se de vegetais, insetos, peixes e briozoários (Nomura, 1984; FUEM, 1987).

O macho pode atingir 43 cm e 1,0 Kg de peso com 6-7 anos de idade, enquanto a fêmea atinge 55 cm e 2,14 Kg com 10 anos de idade. O macho é, geralmente, encontrado com até 42 cm de comprimento total e 800 g de peso e a fêmea com 46 cm de comprimento total e 1,0 Kg de peso (Nomura, 1984). É uma das espécies mais conhecidas por se adaptar em ambientes artificiais e em cativeiro, em todas as suas fases de desenvolvimento. Segundo Diniz (1997), esta espécie possui desova total e é capaz de completar seu ciclo em represas ou em suas proximidades. Estudando a ictiofauna da represa de Camargos – MG, Mourgués-Schurter (1994) relatou ter sido esta espécie a décima segunda em número e a oitava em peso, correspondendo respectivamente a 1,05% e 2,42% das espécies capturadas. “Apresenta o dorso cinza-esverdeado e o ventre esbranquiçado, uma mancha cinza vertical no opérculo e longitudinal abaixo do olho, assim como três manchas arredondadas nos flancos. Apresenta seis dentes no pré-maxilar e seis na mandíbula, “são inclinados para frente, parecendo dentes de rato” (CIBPU, 1970). O número de escamas da linha lateral varia de 39 a 41” (Nomura, 1984).

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1.0 Local e Período

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório da Estação de Piscicultura, do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), entre os dias 21 de março a 05 de agosto de 1996.

### 2.0 Animais

Foram utilizados 160 peixes da espécie *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, de mesma idade, imaturos, de ambos os sexos, provenientes da Estação de Piscicultura da UFLA.

### 3.0 Aquários

Foram utilizados 16 aquários (caixas de cimento-amianto), de 100 litros cada, com as paredes internas pintadas com esmalte branco para facilitar a visualização e identificar os animais. Os aquários foram dispostos em linha, dois a dois, em um galpão coberto e cercado com um muro de 1,5 m de altura. Cada aquário foi coberto com uma tampa feita com uma armação de madeira e tela mosquiteira verde (FIGURAS 1 e 2).

Para o abastecimento de água, foi feita uma rede de canos de PVC com uma torneira para cada aquário. Além disso, cada um destes contou com um sistema de aeração artificial.



FIGURA 1: Disposição dos aquários com tampas, instalações elétrica e hidráulica.

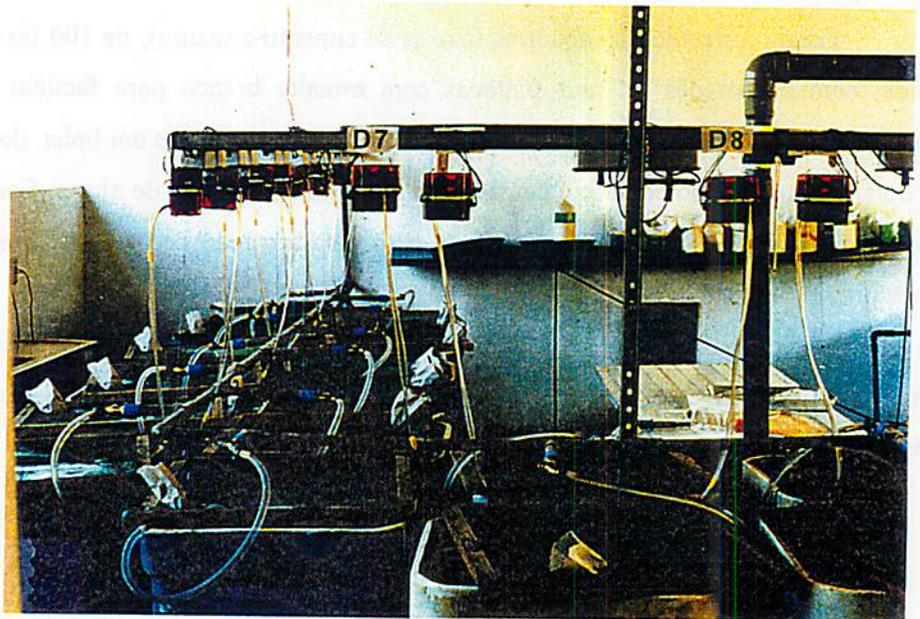


FIGURA 2: Instalações elétrica, hidráulica e de aeradores nos aquários do experimento.

## **4.0 Água**

### **4.1 Abastecimento**

A água utilizada, proveniente de represa, foi armazenada em um reservatório de 2000 litros, antes de entrar no laboratório. O abastecimento dos aquários foi feito por gravidade. A água entrava pelo fundo com o auxílio de uma mangueira plástica e saía por um orifício na superfície do mesmo, permitindo uma renovação da água de baixo para cima (FIGURA 3). O fluxo médio de água dos aquários foi de 2,0 litros/minuto como recomendado por Higuera (1987), ajustado duas vezes/dia.

### **4.2 Aeração artificial**

Em cada aquário foram utilizados dois compressores de ar - tipo Brasil, série ouro (110 V, com capacidade para aeração de 100 litros de água), com uma saída. O ar foi bombeado para o fundo, através de uma mangueira plástica, com pedra porosa em sua extremidade. A pedra porosa diminuiu o tamanho e aumentou o número das bolhas, permitindo maior eficiência do uso dos compressores (FIGURAS 2 e 3).

### **4.3 Monitoramento da qualidade da água**

Diariamente, antes do fornecimento da ração, mediam-se as propriedades químicas (teor de oxigênio e o pH) e físicas (condutividade e a temperatura) da água dos aquários. O teor de oxigênio foi medido utilizando-se de oxímetro tipo F1001 VDSF Umwelttechnik (Bernauer) e do método químico de Winkler para oxigênio dissolvido (OD), segundo metodologia descrita por Tavares (1994). O pH foi medido com o peagômetro tipo F1002 Umwelttechnik (Bernauer), a condutividade com o condutivímetro tipo F1000 VDSF Umwelttechnik (Bernauer) e a temperatura com um termômetro conjugado ao oxímetro descrito acima.

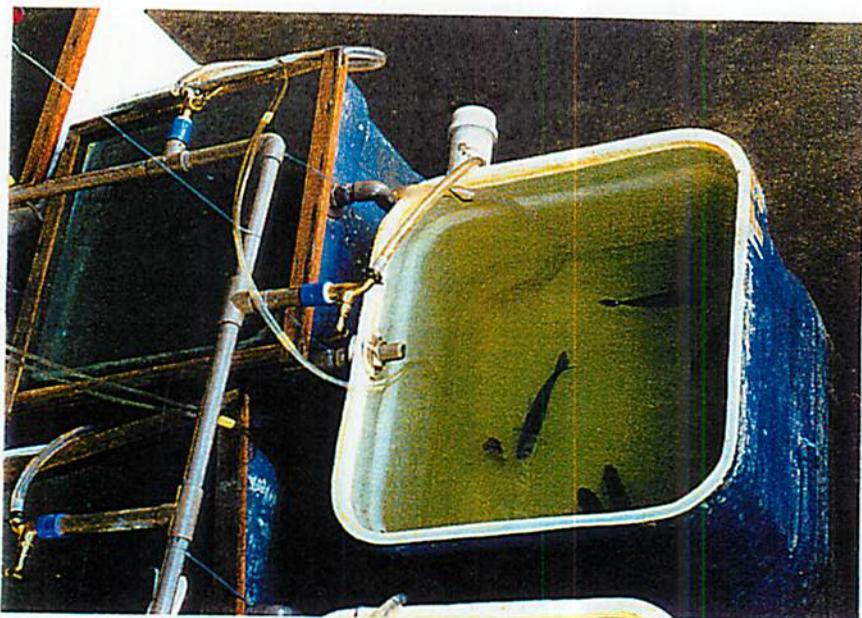


FIGURA 3: Detalhe de um aquário mostrando a tubulação de plástico do aerador, pedra porosa, entrada e saída de água.

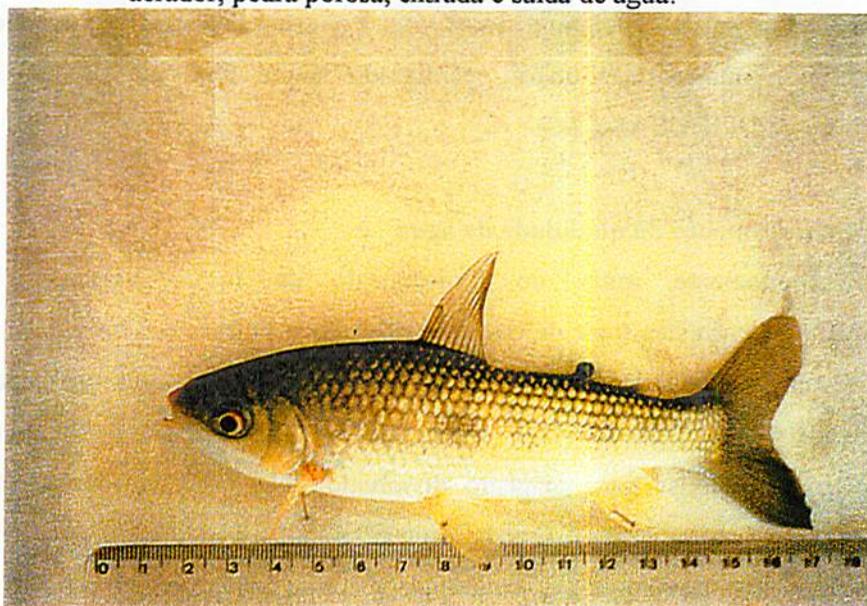


FIGURA 4: *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, mostrando a marcação entre nadadeira dorsal e adiposa .

## **5.0 Limpeza dos Aquários**

Os aquários foram limpos uma vez por semana. Para isso, os peixes foram transferidos para um balde de 20 litros com aeração artificial, sal (0,35%) e formol (0,1 ml/litro de água). A caixa esvaziada foi esfregada com buxa, para retirar a sujeira depositada nas paredes e no fundo. Após isto, a caixa foi enxaguada por duas vezes com água corrente e desinfetada com água sanitária, utilizando uma esponja e novamente enxaguada até a retirada total da água sanitária. A devolução dos peixes para os aquários se fez entornando cuidadosamente a água do balde. O fluxo de água foi ajustado após o enchimento da caixa.

## **6.0 Ração**

A ração utilizada foi elaborada e peletizada na Fábrica de Ração do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Lavras - MG.

A ração foi balanceada para fornecer 29,5%PB e 3900Kcal EB/Kg. Foram utilizados como ingredientes: farelo de soja, milho moído (fubá de milho), farinha de peixe, farinha de trigo, fosfato bicálcico, calcário, sal, premix vitamínico, premix mineral e vitamina C.

A ração foi fornecida numa proporção de 5% do peso vivo, ajustada a cada pesagem dos peixes e despejada diretamente nos aquários, uma vez por dia, após a retirada das fezes por sifonamento.

## **7.0 Anestésico**

Para se evitar o estresse da manipulação durante a pesagem e tomada de amostras, os peixes foram anestesiados.

O anestésico utilizado foi solução alcoólica de benzocaina (10%), na proporção de 1ml/litro de água (Anderson, 1974; Ross e Ross, 1984). Em média,

o efeito do anestésico foi observado após 30 segundos de exposição e durou de 5 a 10 minutos, suficientes para efetuar todo o trabalho necessário.

## **8.0 Marcação**

Para a individualização dos peixes, durante os experimentos, utilizou-se a marcação tipo Lea (Cecareli, 1991), adaptada para as condições do experimento, que consiste em atravessar o dorso do peixe, entre a nadadeira dorsal e a adiposa (FIGURA 4), com auxílio de uma agulha, um fio de nylon, e enlaçar uma miçanga colorida. Após receber a miçanga, o nylon foi amarrado tendo-se o cuidado de deixar um espaço no fio para o crescimento do animal. Para profilaxia, a agulha, o nylon e as miçangas ficaram em imersão com álcool antes de se fazer a marcação e logo após os peixes foram imersos em água com sal (0,35%) e formol (0,1 ml/litro de água) por aproximadamente 30 segundos e, em seguida, devolvidos para os aquários.

Optou-se por este tipo de marcação devido à rápida identificação dos peixes dentro dos aquários, fácil colocação, pequeno tamanho e por ser leve, flexível e resistente.

## **9.0 Primeira Fase Experimental**

Na primeira fase experimental, os tratamentos foram dispostos numa estrutura fatorial 4x5 (4 horários de fornecimento x 5 tempos de disponibilidade) com 4 repetições em blocos (4 classes de peso: A, B, C e D). Aos dados obtidos foi aplicada análise de variância (ANAVA) e teste de médias SCOTT-KNOTT.

Os peixes utilizados foram separados em quatro classes de peso inicial (A=50,98g; B= 56,53g; C=63,07g e D=69,98g), com 10 peixes em cada aquário. Estes experimentos foram conduzidos no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.

Nesta fase foram determinados o melhor horário de fornecimento de ração, o tempo mínimo de disponibilidade da ração e o consumo diário.

### **9.1 Estudo do horário de fornecimento de ração**

Foram testados quatro horários de fornecimento de ração, igualmente espaçados, considerando os limites dos períodos claro e escuro do dia. Na fase clara do dia, a ração foi fornecida às 10:00 e às 14:00 horas e, na fase escura, foi fornecida às 22:00 e às 2:00 horas, de forma que todas as classes de peso receberam todos os tratamentos (adaptado de Reddy e Leatherland, 1994 e 1995).

### **9.2 Determinação do tempo de disponibilidade da ração**

Foram testados 5 tempos de disponibilidade da ração: 5, 4, 3, 2 e 1 hora, para cada horário de fornecimento. As medidas de consumo iniciaram com 5 horas de disponibilidade para todas as classes de peso e a cada dois dias diminuía-se uma hora.

### **9.3 Consumo diário**

Diariamente, as sobras de ração de cada aquário foram retiradas por sifonamento, com o auxílio de uma mangueira plástica. Estas sobras foram decantadas e, após a eliminação da água, foram transferidas para um filtro de papel previamente pesado e etiquetado. Depois de filtradas, foram secadas em estufa de ventilação (65 °C) para se retirar o excesso de água das sobras e estimar o consumo.

## **10.0 Segunda Fase Experimental**

Na segunda fase experimental, os tratamentos foram dispostos numa estrutura fatorial 2x8 (2 períodos x 8 horas após o fornecimento de ração),

com 4 repetições em blocos (4 classes de peso: A, B, C e D) os quais foram formados por quatro aquários de 100 litros. A variável em estudo foi a concentração plasmática de  $T_3$  e  $T_4$  após 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 e 22 horas do fornecimento de ração. As coletas de sangue foram feitas em dois períodos: entre os dias 19 a 23 de junho e os dias 01 a 05 de agosto de 1996.

Os peixes utilizados para a determinação da curva diária de  $T_3$  e  $T_4$  foram os mesmos da série I, mantendo-se a separação em quatro classes de peso que, na ocasião, foram A=63,33g, B=74,78g, C=82,17g e D=90,13g com 10 peixes em cada aquário.

Aos dados de concentração dos hormônios tireoidianos do plasma foi aplicada análise de variância (ANAVA) e teste de médias SCOTT-KNOTT.

Para profilaxia, cada aquário foi tratado com 800 mg de sulfametoxazol e 160 mg de trimetoprima por dia.

## **10.1 Coleta de sangue para análise dos hormônios tireoidianos**

### **10.1.1 Material utilizado**

Para a coleta e processamento do sangue dos peixes, foram utilizadas seringas de plástico de 3 ml com agulhas de 25 x 7, 22G1 (parede fina) heparinizadas com Liquemine<sup>R</sup>, tubos de ensaio de 5 ml, centrífuga de balcão, tubos de Eppendorf de 1,5ml, gelo e freezer.

### **10.1.2 Amostragem**

A curva diária de  $T_3$  e  $T_4$  foi determinada com amostragens de sangue dos peixes 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 e 22 horas após o fornecimento da ração.

De cada aquário, retirou-se um peixe com intervalo de 12 horas durante quatro dias seguidos. Assim foi possível obter duas amostragens em cada aquário (1 e 13, 4 e 16, 7 e 19, 10 e 22) por dia. Dessa forma, na curva diária da

concentração plasmática de  $T_3$  e  $T_4$  para cada bloco, cada ponto representa a média de quatro peixes.

A remoção do peixe para coleta de amostra foi feita com puçá, tentando causar o mínimo de distúrbio aos peixes remanescentes do aquário. Após a anestesia do exemplar foi retirado aproximadamente 1 ml de sangue por punção caudal (adaptado de Eales et al, 1981; Reddy e Leatherland, 1994 e 1995).

### **10.1.3 Extração e armazenamento do plasma**

Para a separação do plasma, o sangue foi transferido para tubo de ensaio e submetido à centrifugação de 3000 rpm, durante 10 minutos. O plasma foi colocado em um tubo de Eppendorf de 1,5 ml, etiquetado e armazenado a  $-15^{\circ}\text{C}$ . O plasma permaneceu armazenado por aproximadamente 45 dias, até a realização das análises.

## **10.2 Dosagem hormonal**

Para a quantificação dos hormônios tireoidianos  $T_3$  e  $T_4$  foram utilizados Kits de radioimunoensaio (RIA)  $T_3/T_4$  Fase Sólida, e as análises foram realizadas no Laboratório Santa Cecília de Lavras - MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.0 Horário de Fornecimento de Ração

Na FIGURA 5 é apresentado o consumo em g/100g peso vivo de *L. obtusidens*, nos diferentes horários de fornecimento de ração. Pode-se observar que os piaus comeram em todos os horários. A análise estatística mostrou que não houve diferença significativa entre eles ( $P > 0,05$ ) e nem entre período claro e escuro do dia, mostrando que esta espécie em cativeiro apresenta consumo independente do horário de fornecimento de ração. Já a FIGURA 6 mostra o ganho de peso dos piaus em relação ao horário de fornecimento de ração. Apesar de serem estatisticamente iguais ( $P < 0,05$ ), pode-se observar que os peixes tiveram uma tendência a maior ganho de peso quando alimentados às 10:00 horas.

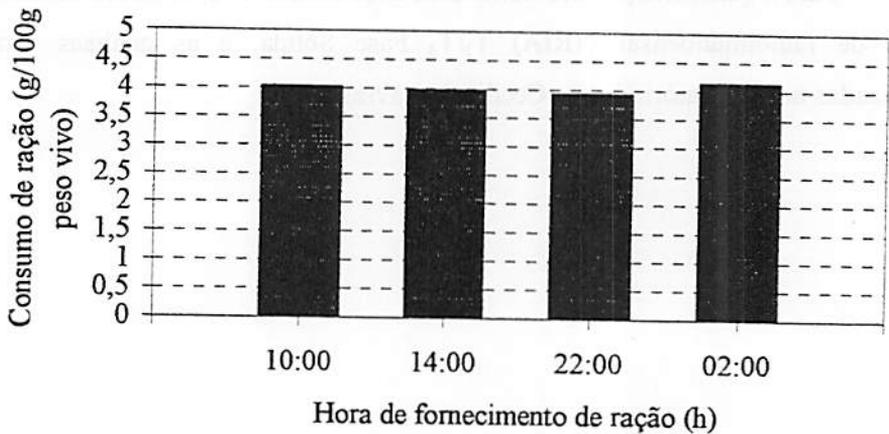
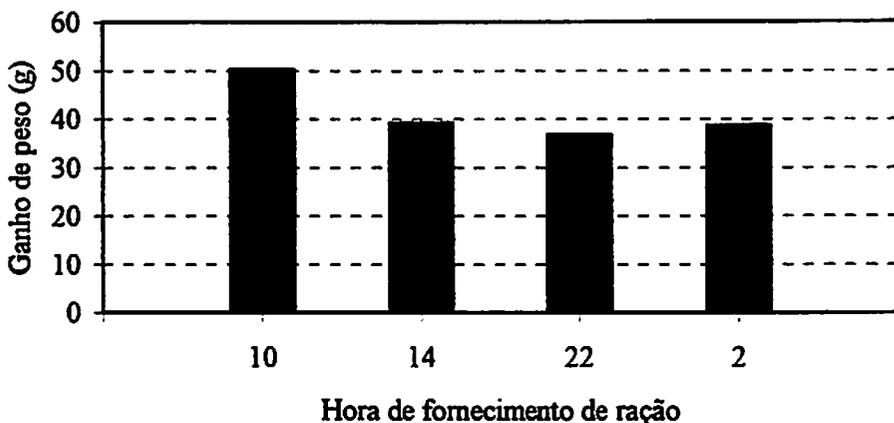


FIGURA 5: Consumo de ração (g/100g peso vivo) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, por horário de fornecimento de ração no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.



**FIGURA 6:** Ganho de peso (g) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, por horário de fornecimento de ração, no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.

Vários pesquisadores, estudando o comportamento alimentar de teleósteos, verificaram que os peixes exibem diferentes preferências quanto à hora de alimentação (Davis e Bardach, 1964; Sundararaj e Vasal, 1976; Sarker 1977; Spieler, 1977; Dobbe e Eggers, 1978; Meier et al, 1978; Noeske et al, 1981; Sundararaj et al, 1982; Noeske e Spieler, 1984; Mourgués-Schurter, 1994; Josekutty e Jose, 1996).

Esta preferência pode mudar sazonalmente, dependendo da espécie de peixe, dos estímulos ambientais e da disponibilidade do alimento (Sundararaj e Vasal, 1976; Meier et al, 1978; Noeske e Spieler, 1984).

Neste sentido, Silva (1995) apontou que a atividade alimentar de *Moenkhausia intermedia* é preferencialmente crepuscular e que a de *Astyanax bimaculatus* e *Astyanax schubart* varia ao longo do ano. Esta autora registrou, ainda, uma atividade alimentar noturna para *Iheringichthys labrosus*.

Sundararaj et al. (1982) constataram que a porcentagem de ganho de peso do catfish (*Heteropneustes fossilis*) em cativeiro, respeitando sua condição natural de alimentação noturna, foi maior do que os alimentados durante o dia. O contrário ocorre com salmões (*Salmo salar*) (Noeske e Spieler, 1984).

O comportamento observado sugere que os peixes em estudo estão adaptados às condições de cativeiro e podem ser alimentados a qualquer hora do dia, o que permitiu planejar o manejo desta espécie para a segunda série de experimentos sem maiores preocupações com horário de fornecimento de ração.

Se o horário de fornecimento de ração tem alguma implicação no desenvolvimento do peixe, como mostrado no trabalho de Sundararaj et al. citado acima e como sugerido no presente estudo, deve ser motivo de pesquisa posterior.

## **2.0 Tempo de Disponibilidade de Ração**

A quantidade de ração ingerida (g/100 g peso vivo) em relação ao tempo de disponibilidade está apresentada na FIGURA 7. Pode-se observar que o consumo foi crescente nas duas primeiras horas. A estabilização nos tempos seguintes (4,13 g/100g peso vivo) mostra que os piaus, nas condições deste estudo, saciavam-se após duas horas de disponibilidade do alimento oferecido. Estes resultados foram independentes do horário de fornecimento da ração.

Millán (1987) considera que o tempo de disponibilidade do alimento pode variar para as diferentes espécies de peixes, devido ao distinto comportamento alimentar que cada uma adota frente ao alimento. Um exemplo é a enguia que se alimenta por sucção e necessita de maior tempo de disponibilidade do alimento.

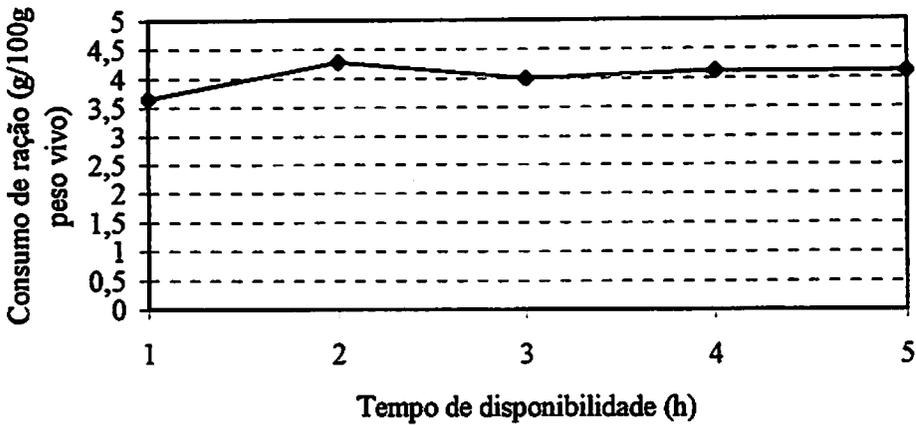


FIGURA 7: Consumo de ração (g/100g peso vivo) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, de acordo com o tempo de disponibilidade da ração (h.), no período de 21 de março a 02 de abril de 1996.

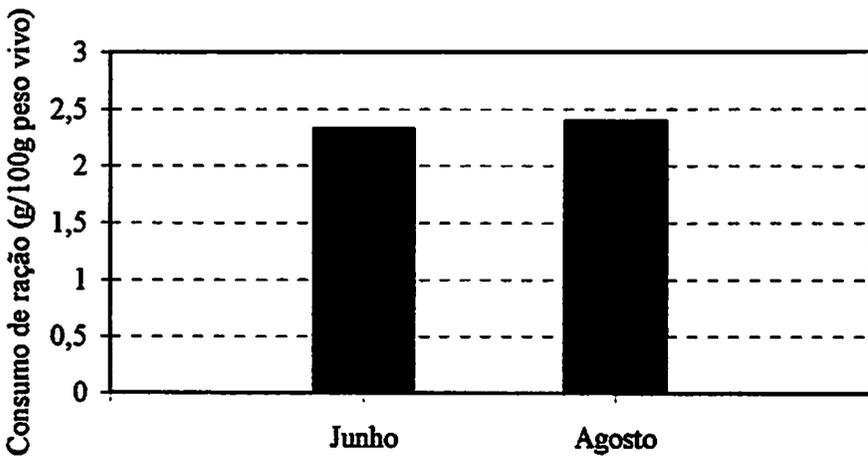


FIGURA 8: Consumo de ração (g/100g de peso vivo) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, nos meses de junho e agosto de 1996.

Observações visuais mostraram que os peixes capturavam os peletes em toda a extensão da coluna d'água, conforme estes afundavam e se inclinavam para apanhá-los no fundo do aquário, mesmo depois de desestruturados pela hidratação. Pearson (1972) afirma que a densidade física do pelete utilizado nos sistemas de criação depende do condicionamento do peixe a ser alimentado. Este autor considera que um peixe condicionado apanha o pelete tanto na superfície da água como no fundo, independente de seu hábito alimentar. Assim, a observação dos pias do experimento sugere mais uma vez a boa adaptação às condições de laboratório e pode apresentar a mesma adaptação em condições de cultivo, o que tornaria esta espécie bastante promissora para a piscicultura intensiva.

Constatou-se, também, a formação de hierarquia entre os peixes dos aquários logo após o fornecimento da ração, observando-se “brigas e disputas” de alguns animais enquanto outros ficavam esperando para se alimentar, concordando com Millán (1987) quando afirma que “a conduta de uma espécie frente ao alimento pode levar a uma maior ou menor hierarquia.”

O mesmo autor afirma que “quando esta característica é muito forte, pode condicionar a apresentação do alimento, exigindo uma maior disponibilidade e duração no meio, para que todos os indivíduos da população tenham a máxima oportunidade de se alimentar”. Neste experimento esta estruturação hierárquica e o tempo para se alimentarem ocorreram num período de duas horas.

### **3.0 Consumo de ração**

Na FIGURA 8 é apresentado o consumo de ração em g/100g de peso vivo dos pias, nos meses de junho e agosto de 1996. Observa-se que o consumo foi semelhante, com uma média de 2,36g de ração/100 g de peso vivo por dia. Paralelamente, pode-se verificar na FIGURA 9 que a temperatura média foi de

16,83 e 15,68 °C, respectivamente para os mesmos meses, o que parece não ter tido implicação no consumo.

Comparando estes dados com os do período de 21 de março a 02 de abril deste mesmo ano, no qual o consumo médio foi de 4,13 g de ração/100 g peso vivo (FIGURA 7) e uma temperatura média de 25,21°C (FIGURA 9), observa-se que, com a queda da temperatura de março para agosto (25,21 para 15,68 °C - FIGURA 9 e 10), o consumo de ração caiu aproximadamente pela metade (4,13 para 2,36g - FIGURA 10).

De acordo com Angelini et al. (1992), a temperatura é um dos principais fatores que afetam o metabolismo dos peixes. “Quanto maior a temperatura, respeitando os índices máximos de suporte, maior será a taxa de consumo dos peixes.” Herpher (1988) também considera a temperatura como um importante

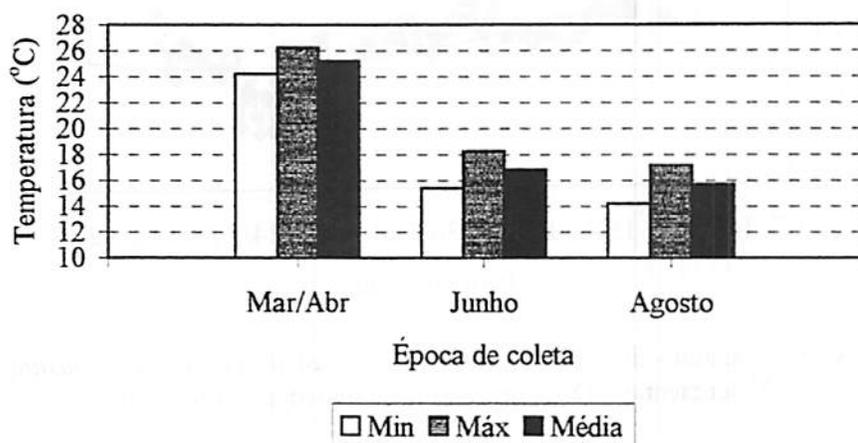


FIGURA 9: Temperaturas (°C) mínima, máxima e média da água dos aquários durante a amostragem de sangue, nos meses de março/abril, junho e agosto de 1996.

fator no nível de saciedade e na atividade gástrica de teleósteos. Altas temperaturas aceleram o metabolismo e o requerimento de alimento (NRC, 1983; Herpher, 1988).

Segundo Mazur et al (1993), a temperatura ambiental influencia o tempo de evacuação gástrica de salmões jovens. O tempo de evacuação diminuiu de 147 horas a 3 °C para 18 horas a 23 °C, sugerindo que esse peixe come menos no inverno do que no verão.

Para a espécie em estudo constatou-se que o consumo de ração diminuiu com a queda da temperatura, ao longo do período experimental. Este comportamento concorda com os resultados já mencionados para outros teleósteos por outros autores.

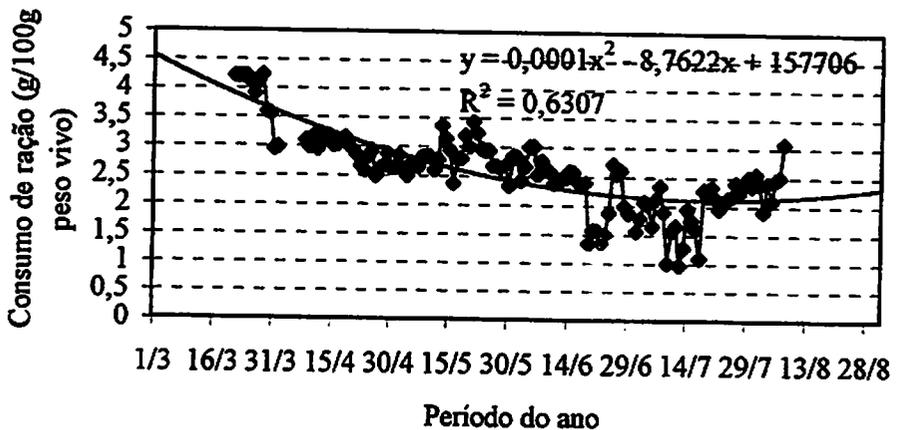


FIGURA 10: Consumo de ração (g/100g peso vivo) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, nos meses de março a agosto de 1996.

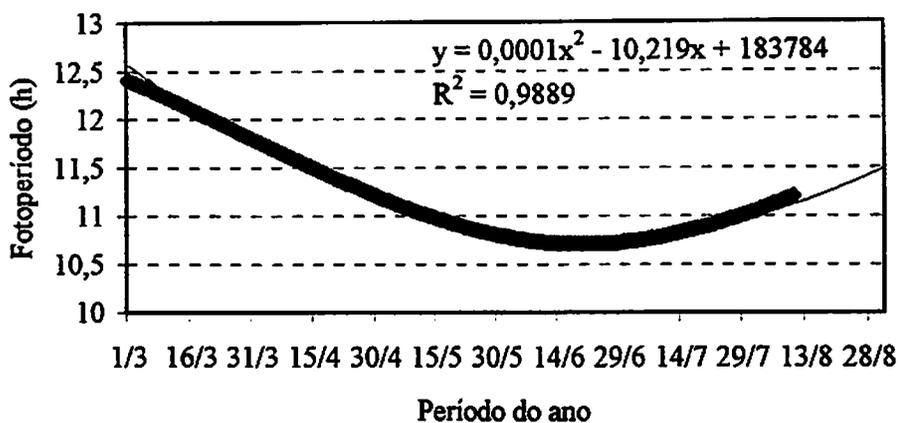


FIGURA 11: Fotoperíodo (h) nos meses de março a agosto de 1996.

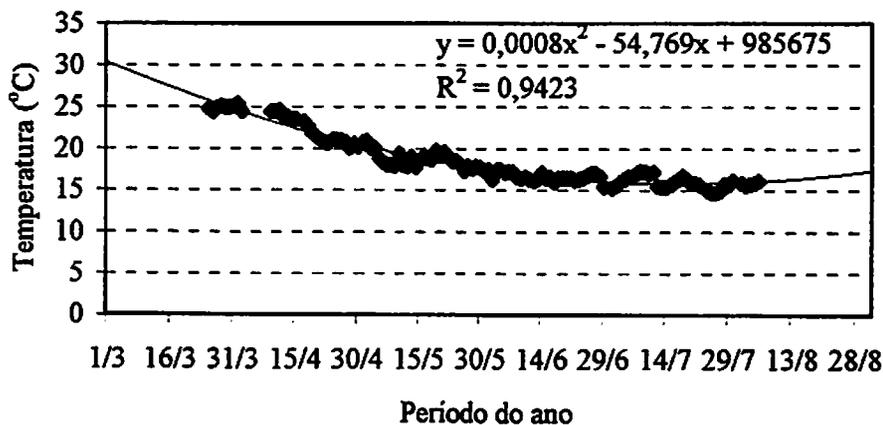


FIGURA 12: Temperatura (°C) média da água dos aquários nos meses de março a agosto de 1996.

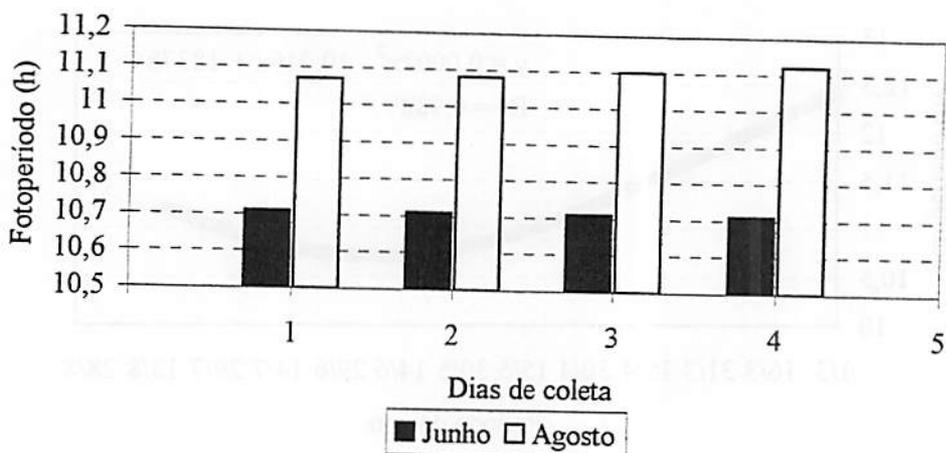


FIGURA 13: Fotoperíodo (h.) no período de coleta de sangue em junho e agosto de 1996.

Sem considerar a temperatura, a diminuição da fotofase até um mínimo de 10,71 horas nos dias 14 a 26 de junho (FIGURA 11), coincidiu com uma progressiva queda no consumo de ração dos pias, nos 15 dias seguintes (FIGURA 10), o que dificulta a interpretação do efeito deste aspecto ambiental.

Gutierrez et al (1984), Laidley e Leatherland (1988), Boujard et al. (1993) e Reddy e Leatherland (1994) afirmam que a hiperglicemia observada nos peixes após a alimentação estão associados com o fotoperíodo. Boujard et al. (1993) verificaram que trutas com acesso a alimentadores automáticos apresentaram níveis plasmáticos de glicose mais baixos após anoitecer com um progressivo aumento na fase clara. Já Reddy e Leatherland (1994) não verificaram diferenças nos níveis plasmáticos de glicose, mas atribuem isto ao fato da ração ter ficado à disposição por um curto período de tempo (15 minutos).

Se as variações do consumo estivessem associadas apenas à temperatura, o efeito desta seria mais imediato, mas semelhantemente o fotoperíodo também

influencia o consumo dos piaus. A dificuldade de interpretar estes resultados nos obriga a planejar experimentos para uma outra etapa, em condições controladas de temperatura e fotoperíodo.

#### 4.0 Ciclo Diário do $T_3$

As curvas das concentrações diárias médias de  $T_3$  plasmático (ng/%) das diferentes classes de peso de *L. obtusidens*, nos meses de junho e agosto de 1996, estão apresentadas no FIGURA 14 (a e b). A análise mostrou que não houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre as classes A=63,33g; B=74,78g; C=82,17g e D=90,13g e, portanto, foram consideradas homogêneas. Da mesma forma, Eales et al (1981) também verificaram que as concentrações plasmáticas de  $T_3$  e  $T_4$  são independentes do peso corporal dos peixes. Já Brown e Eales (1977) e Higuera (1987) enfatizaram a necessidade de se considerar o peso corporal dos animais e sugerem que, em trabalhos de estudo da tireóide em teleósteos, deve-se ter o cuidado de manter a homogeneidade do peso e da idade dos peixes utilizados nos experimentos, pois verificaram uma significativa correlação entre  $T_3$  plasmático e o peso corporal em trutas (*S. gairdneri*). Assim, não havendo variação entre as classes de peso, os resultados obtidos estão apresentados na FIGURA 15.

Pode-se observar que, nas coletas de junho e agosto, os valores das concentrações plasmáticas de  $T_3$  aumentaram nas 7 primeiras horas após o fornecimento de ração (atingiu níveis máximos de 175,25 ng/% e 157,63 ng/%, respectivamente), decresceram até as 10 horas e estabilizaram-se em seguida. As curvas mostram claramente que há um ciclo diário na concentração plasmática de  $T_3$  em relação à alimentação.

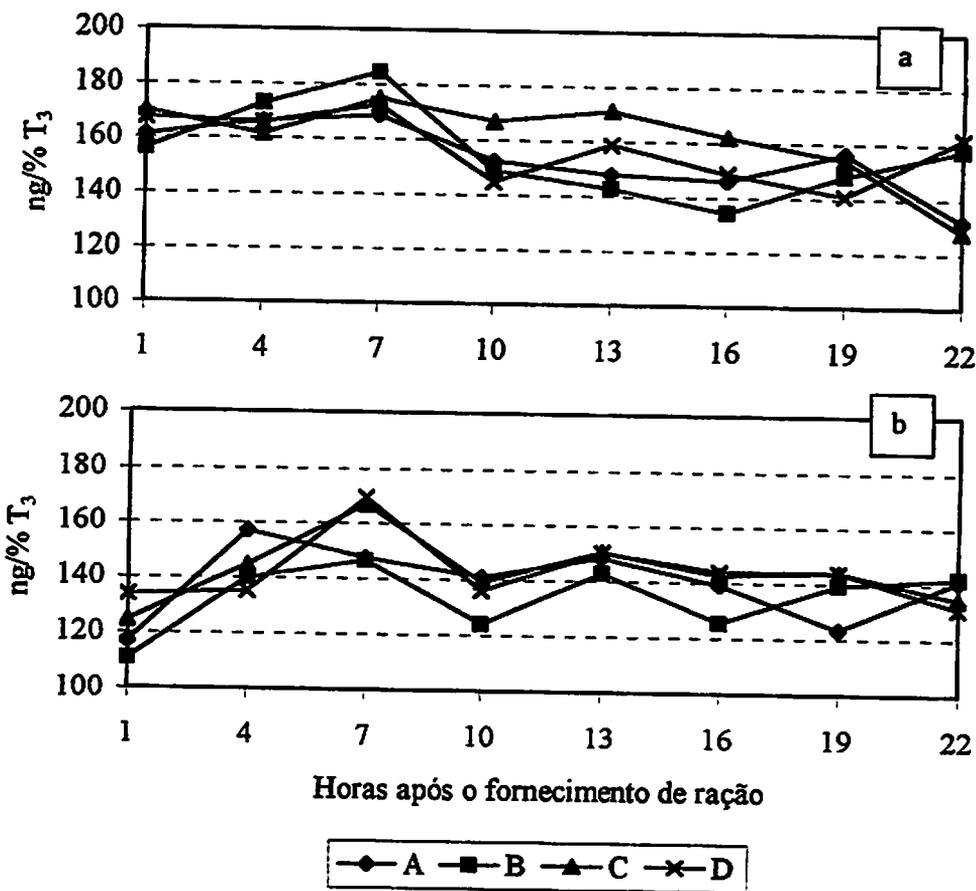


FIGURA 14: Concentração diária média de T<sub>3</sub> plasmático (ng/%) em relação ao tempo após o fornecimento de ração (h), de *Leporinus obtusidens Valenciennes*, 1847, das classes de peso (A, B, C e D) nas coletas de junho (a) e agosto (b) de 1996.

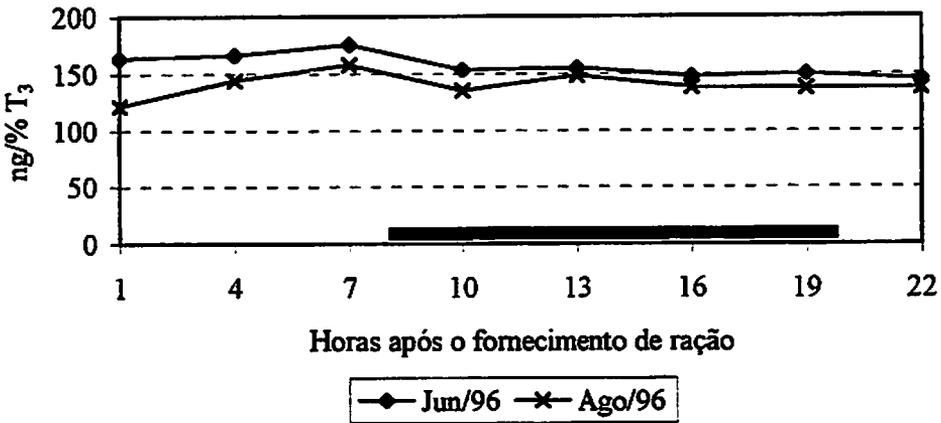


FIGURA 15: Concentração diária de T<sub>3</sub> plasmático (ng/% T<sub>3</sub>) após o fornecimento de ração, em horas, de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, na época de coleta de junho e agosto de 1996 (a barra escura indica período sem luz).

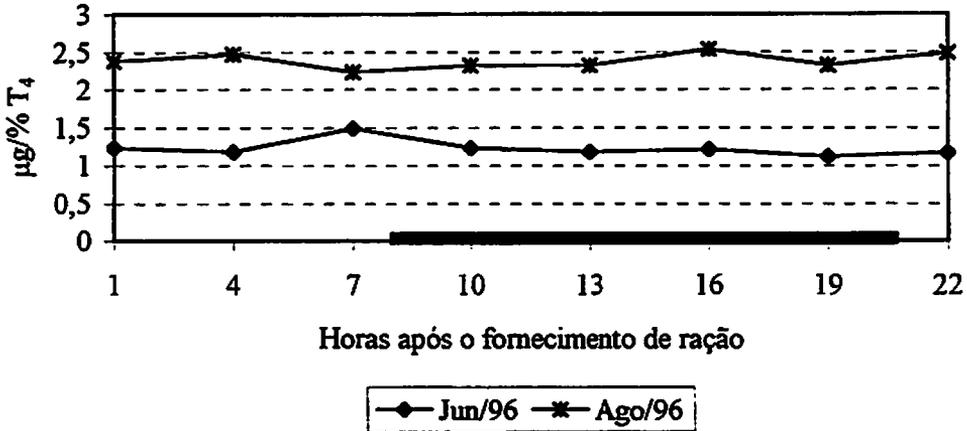


FIGURA 16: Concentração diária de T<sub>4</sub> plasmático (µg/% T<sub>4</sub>) após o fornecimento de ração, em horas, de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, na coleta de junho e no quarto dia de coleta do mês de agosto de 1996 (a barra escura indica período sem luz).

Comparando as curvas de junho e agosto, entre os tempos de 1 a 10 horas após o fornecimento de ração, observou-se uma diferença significativa ( $P < 0,01$ ), seguindo-se uma estabilização a níveis semelhantes. Uma vez que o consumo nestes meses foi igual (2,33g e 2,40 g de ração/100g de peso vivo, respectivamente - FIGURA 8), esta diferença pode ser devido à variação na temperatura destes dois períodos (FIGURA 9), onde a temperatura média de junho (16,83°C) foi maior que a de agosto (15,68°C), sugerindo um comportamento parecido com o relato de Eales e Shostak (1986), que dizem que em trutas, quando a temperatura aumenta, os hormônios tireoidianos se movem mais rapidamente nos tecidos, assim sua taxa de liberação e de absorção também aumentam. Estes autores mencionam, ainda, que a temperatura pode influenciar também os sítios de ligação dos hormônios nos tecidos, na ação das enzimas de conversão de  $T_4$  para  $T_3$  ou pontos de reconhecimento na hipófise-hipotálamo e respostas do feedback.

Esta diferença poderia ser, também, afetada pela variação na fotofase observada neste mesmo período, como encontrado por Cook e Eales (1987) e pelos resultados de White e Henderson (1977), que mostraram que os hormônios tireoidianos de trutas tendem a uma elevação durante a fase clara, seguida por um decréscimo na fase escura que deve ser considerado em função do comportamento alimentar e da atividade do peixe. Eales et al (1981) também verificaram uma variação diária na concentração dos hormônios tireoidianos, quando estudaram os efeitos da ingestão de alimentos em trutas. Já Brown et al (1978) não encontraram nenhuma evidência de variação diária deste hormônio, entretanto nesse estudo, as trutas ficaram em jejum 72 horas antes das medidas.

A existência de um ciclo diário do  $T_3$  também foi verificada por Leatherland et al (1978), Osborn et al (1978) e por Spieler e Noeske (1979) para peixe dourado e trutas.

As variações diárias dos hormônios tireoidianos ocorrem apenas em peixes alimentados, podendo ocorrer em peixes em jejum em níveis mais baixos que não são significativamente diferentes (Cook e Eales, 1987). Estes mesmos autores verificaram também uma inconsistente flutuação destes hormônios, provavelmente como resultado de conversões extratiroidal de  $T_4$  para  $T_3$ , comum nos salmonídeos, e não por alterações na liberação hormonal da tireóide. Consideram, ainda, que o nível do  $T_3$  é devido à deiodação periférica do  $T_4$ .

Então, se essa influência de fotoperíodo existir em *L. obtusidens*, ela é menos intensa que a exercida pela temperatura, pois o fotoperíodo em agosto foi aproximadamente uma hora maior que em junho (FIGURA 13).

Nas condições do experimento, a curva circadiana obtida poderia estar sendo reforçada pelo fotoperíodo, dado o horário de alimentação usado.

## 5.0 Ciclo Diário de $T_4$

A FIGURA 16 mostra a concentração plasmática de  $T_4$  ( $\mu\text{g}/\%$ ) de *L. obtusidens* relacionada ao tempo após o fornecimento de ração, em horas, na época de coleta do mês de junho e no quarto dia da coleta de agosto de 1996.

Verifica-se para o mês de junho, um aumento significativo ( $P < 0,05$ ) da concentração de  $T_4$ , 7 horas após o fornecimento da ração, atingindo o valor máximo de  $1,49 \mu\text{g}/\%$   $T_4$ , decrescendo e estabilizando-se em seguida. Observa-se, ainda, que este ciclo diário é semelhante ao observado para a  $T_3$  no mesmo período.

No quarto dia de coleta do mês de agosto, os níveis plasmáticos de  $T_4$  foram estatisticamente iguais ( $P < 0,05$ ), mantiveram-se estáveis (FIGURA 16) e foram significativamente maiores que os níveis observados em junho ( $P < 0,01$ ).

A FIGURA 17 mostra com detalhe a concentração plasmática de  $T_4$  no período de coleta de agosto/96. Pode-se observar que, nos três primeiros dias de amostragens, a concentração média deste hormônio esteve abaixo de  $1,0 \mu\text{g}/\%$

passando para 2,38  $\mu\text{g}/\%$  no quarto dia de coleta. Esta variação não foi observada em nenhum dos trabalhos estudados e, com base nos resultados obtidos, não se sabe explicar este repentino aumento na concentração deste hormônio.

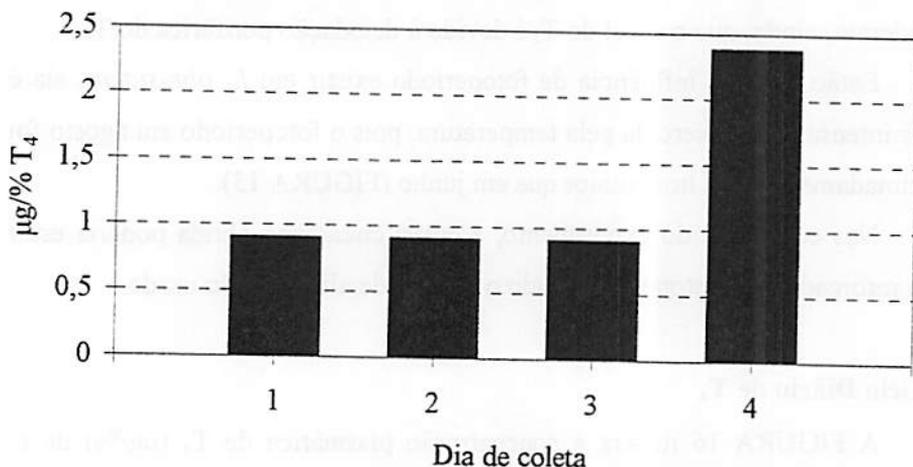


FIGURA 17: Concentração média diária de T<sub>4</sub> plasmático ( $\mu\text{g}/\%$ ) após o fornecimento de ração, de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, na coleta de agosto de 1996.

Por outro lado, Gorbman (1969) cita que, sob certas condições naturais, espécies como o barrigudinho da lama (*Umbra limi*) possuem consideráveis quantidades de T<sub>3</sub> e baixíssimas de T<sub>4</sub>, o que seria semelhante aos resultados dos primeiros três dias de agosto, quando o T<sub>3</sub> foi compatível com os resultados do mês de junho enquanto o T<sub>4</sub> esteve extremamente baixo.

O T<sub>4</sub> é provavelmente a principal substância liberada do colóide da tireóide dos peixes e a maioria do T<sub>3</sub> é derivado da deiodação periférica do T<sub>4</sub> (Eales, 1985).

A existência de um ciclo diário de  $T_4$  em peixes foi verificada por vários autores (Leatherland et al, 1978; Osborn et al, 1978; Spieler e Noeske, 1979; Cook e Eales, 1987) que puderam observar a existência deste ciclo em seus estudos com peixe dourado e truta arco-íris. Com resultados semelhantes aos obtidos com os piaus deste experimento, eles explicam que a alimentação estimula uma variação na liberação do  $T_4$  pela tireóide, causando um pico de  $T_4$  em trutas, entre quatro a seis horas após o fornecimento da ração, sem levar em conta o fotoperíodo, sendo possivelmente uma resposta rápida da tireóide ao estímulo da alimentação.

Os resultados da concentração plasmática de  $T_4$ , observados para o mês de junho/96, estão de acordo com Eales et al (1981) que relatam, em estudos com trutas mantidas a 11-13 °C, que as variações dos hormônios  $T_4$  e  $T_3$  são paralelas.

Higgs e Eales (1977) também consideram que trutas alimentadas utilizam mais rapidamente o  $T_3$  plasmático e que o consumo ou a quantidade de energia/proteína ingerida estimulam o metabolismo e a taxa de secreção do  $T_4$ , conseqüentemente aumentando a deiodação periférica de  $T_4$  para  $T_3$ . A sensibilidade do tecido tireoidiano ao estímulo do TSH e a atividade da deiodase hepática são fortemente influenciadas pelo estado nutricional e um baixo consumo reduz a quantidade da  $T_4$  5'-deiodase (enzima extratiroidal que converte o  $T_4$  para  $T_3$ ) (Himick e Eales, 1990; Le Bail e Boeuf, 1997).

A relação entre ingestão alimentar e os níveis diários dos hormônios tireoidianos observados neste estudo concordam com os dados observados em salmonídeos por Higgs e Eales (1977, 1978), Eales (1979), Flood e Eales (1983), Rydevick et al (1984), Himick e Eales (1990) que verificaram significantes elevações de  $T_4$  plasmático em função do consumo.

A influência do consumo atua na absorção dos hormônios do plasma e na conversão periférica do  $T_4$  para  $T_3$  (aumentando a deiodação do  $T_4$ ),

alterando diretamente seu ciclo diário (Brown e Eales, 1977; Higgs e Eales, 1977; Brown et al, 1978; Eales et al, 1981; Flood e Eales, 1983; Cook e Eales, 1987; Himick e Eales, 1990).

Concluindo, este trabalho mostrou que os pias apresentam características favoráveis para sua manutenção em aquário, com uma tendência de maior ganho de peso quando alimentados às 10:00 horas. Mostraram, também, que se saciavam com 2 horas de disponibilidade do alimento oferecido.

O consumo médio diário de ração durante o período experimental acompanhou a queda da temperatura e do fotoperíodo, mostrando que o consumo é influenciado por esses fatores. A influência independente da temperatura e fotoperíodo no consumo, deverá ser motivo de pesquisas posteriores, o que permitirá entender melhor a influência do ambiente no comportamento alimentar da espécie estudada.

Com relação ao estudo dos níveis de  $T_3$  e  $T_4$  foi possível verificar modificações circadianas nos níveis plasmáticos destes hormônios relacionadas à alimentação. Isto mostra a interação entre a concentração hormonal e alimentação.

Se o comportamento alimentar é influenciado pela temperatura e fotoperíodo e os níveis plasmáticos dos hormônios tireoidianos são influenciados pela ingestão de alimento, pode-se dizer que estes fatores ambientais estão atuando também nos níveis hormonais. Resta então saber de que forma e a que níveis a temperatura e o fotoperíodo atuam na variação circadiana destes hormônios.

## CONCLUSÕES

*Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, nas condições do experimento mostrou que:

Os exemplares estão adaptados ao cativeiro, comendo a mesma quantidade de ração uma vez por dia independente do horário de fornecimento.

São necessárias duas horas de disponibilidade da ração, para os animais se saciarem.

O alimento é apanhado pelos peixes a qualquer altura da coluna d'água, inclusive no fundo.

Há uma estruturação social no aquário, formando uma hierarquia que resulta na alimentação de alguns animais em primeiro lugar.

O consumo diário está diretamente relacionado com a temperatura.

O consumo é influenciado pelo fotoperíodo com um retardo de aproximadamente 15 dias.

Há um ciclo diário de  $T_3$  e  $T_4$  plasmático, relacionado à alimentação, onde os níveis máximos dos hormônios tireoidianos ocorrem sete horas após o fornecimento de ração.

O ciclo dos hormônios tireoidianos está correlacionado à temperatura.

## SUGESTÕES

Os estudos mostram que é necessário continuar os estudos para verificar a influência nos ciclos dos hormônios tireoidianos:

- do horário de fornecimento de alimento,
- do fotoperíodo, independente da temperatura,
- da temperatura, independente do fotoperíodo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRINO, A. C.; ARANA, S.; CARVALHO, M. H. de. Modificações histológicas da glândula tireóide de fêmeas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Cipriniformes, Characidae), durante o ciclo reprodutivo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, ENCONTRO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, 2, Peruibe, 1992, Anais... Peruibe, 1992. p. 159-162.
- ANDERSON, D. P. *Immunology*, USA: T.F.H. Publications, 1974. 239p.
- ANGELINI, R.; CANTELMO, O. A.; PETRERE, Jr, M. Determinação da taxa de consumo de ração pelo pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, com diferentes tamanhos e sob distintas temperaturas. *Bol. Tec. CEPTA*, v.5, p.11-22, 1992.
- BOUJARD, T.; BRETT, S.; LEATHERLAND, J. F. Effect of restricted access to demand-feeders on diurnal pattern of liver composition, plasma metabolites and hormone levels in *Oncorhynchus mykiss*. *Fish Physiol. Biochem.*, v.11, p. 334-337, 1993.
- BROWN, S. B.; EALES, J. G. Measurement of L-thyroxine and 3,5,3'triiodo-L-thyronine levels in fish plasma by radioimmunoassay. *Can. J. Zool.* v.55, p.293-299, 1977.
- BROWN, S. B.; FEDORUK, K.; EALES, J. G. Physical injury due to injection or blood removal causes transitory elevations of plasma thyroxine in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Can. J. Zool.*, v.57, p.1998-2003, 1978.
- CECARELLI, P. S.; CAROLSFELD, J.; ALCÂNTARA-ROCHA, R. C. G. Viabilidade de diferentes marcas em pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, quanto à durabilidade e reações inflamatórias. *Bol. Téc. CEPTA*, v.4, p.1-9, 1991.
- COMISSÃO INTERESTADUAL DA BACIA PARANÁ-URUGUAI, *Poluição e Piscicultura*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP/ Instituto de Pesca, p.83-84, 1970.

- COOK, R. F.; EALES, J.G. Effects of feeding and photocyclus on diel changes in plasma thyroid hormone levels in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *J. Exp. Zool.*, v.242, p.161-169, 1987.
- CUENCA, E. M.; GALLEGO, M. G. Ingesta e conducta alimentaria. In: Espinosa, J.; Labarta, U. (ed.) *Nutricion en Acuicultura I*, Madrid: Industrias Gráficas España., 1987. p.1-47.
- DAUNCEY, M. J.; INGRAM, D. L.; Influence of a single meal on fractional disappearance and catabolic rates of 3.5,3' triiodothyronine and thyroxine over 24 hours. *Comp. Biochem. Physiol.*, v.38A, p.89-92, 1986.
- DAVIS, R. E.; BARDACH, J. E. Time-coordinated prefeeding activity in fish. *Animal Behaviour*, v.8, p.154-162, 1964.
- DeGROOT, L.J. et al. *Endocrinology*, 3.ed. Local: W. B. Saunders, 1995. v.1, 914p.
- DEMSKI, L. S. Electrical stimulation on the shark brain. *Amer. Zool.*, v.17, p.487-500, 1977.
- DEMSKI, L. S. Feeding and aggressive behaviour evoked by hypothalamic stimulation in a ciclid fish. *Comp. Biochem. Physiol.* v.44, p.685-692, 1973.
- DEMSKI, L. S.; KNIGGE, K. M. The telencephalon and hypothalamus of the bluegill *Lepomis macrochirus*: Evoked feeding, aggressive and reproductive behaviour with representative frontal sections. *J. Comp. Endocrinol.*, v.143, p.1-16, 1971.
- DINIZ, C. C. *Dinâmica Reprodutiva de Leporinus striatus e histologia do ovário de cinco espécies do gênero Leporinus SPIX 1829 (Osteichthyes, Characiformes, Anostomidae), na represa de Camargos, MG. Lavras: UFLA, 1997. 69p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia, área de concentração: Produção Animal).*
- DOBBE, B. D.; EGGERS, D. M. Diel feeding chronology, rate of gastric evacuation, daily ration, and prey selectivity in Lake Washington juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.107, p.36-45, 1978.

- DONALDSON, E. M.; FAGERLUND, U. H. M.; HIGGS, D. A.; MCBRIDE, J. R. Hormonal enhancement of growth In: Hoar, W. S.; Randall, D. J.; Brett, J. R. ed. *Fish Physiology VIII; Bioenergetics and Growth*, New York: Academic Press, 1979. 786p.
- EALES, J. G. Comparison of L-thyroxine and 3,5,3'triiodo-L-thyronine kinetics in fed and starved rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.*, v.62A, p.295-300, 1979.
- EALES, J. G. The peripheral metabolism of thyroid hormones and regulation of thyroidal status in poikilothermes. *Can. J. Zool.*, v.63, p.1217-1231, 1985.
- EALES, J. G.; HUGES, M.; UIN, L. Effect of food intake on diel variation in plasma thyroid hormone levels in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.45, p.167-174, 1981.
- EALES, J. G.; SHOSTAK, S. Influences of temperature and pH on free T<sub>4</sub> and free T<sub>3</sub> in charr and trout plasma. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.61, p.272-277, 1986.
- EALES, J. G.; SINCLAIR, D. A. R. Enterohepatic cycling of thyroxine in starved and fed brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). *Comp. Biochem. Physiol.*, v.49A, p.661-672, 1974.
- FENDERSON, O. C.; CARPENTER, M. R. Effects of crowding on the behaviour of juvenile hatchery and wild landlocked atlantic salmon *Salmo salar* L. *Animal Behaviour*, v.19, p.439-447, 1971.
- FLETCHER, D. J. The physiological control of appetite in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, v.78, p.617-628, 1984.
- FLOOD, C. G.; EALES, J. G. Effects of starvation and refeeding on plasma T<sub>4</sub> and T<sub>3</sub> levels and T<sub>4</sub> deiodination in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Can. J. Zool.*, v.61, p.1949-1953, 1983.
- FONTAINE, M. *Nutrition des poissons*. Paris: Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1981. 376p.
- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ/ NUPÉLIA/ ITAIPU BINACIONAL. *Relatório anual do projeto "Ictiofauna e Biologia Pesqueira" - março de 1985 a fev de 1986 - Reservatório de Itaipu*. Maringá, 1987. 2v.

- GODOY, M. P. Peixes do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 1987. 571p.
- GORBMAN, A. The endocrine system. In: *Fish Physiology*. v.2, New York: Academic Press, 1969. 446p.
- GORBMAN, A.; DICKHOFF, W. W.; VIGNA, S. R.; CLARK, N. B.; RLAPH, C. L. *Comparative Endocrinology*, Local: J. Willey, 1983, 572p.
- GROSS, W. L.; FROMM, P. O.; ROELOFS, E. W. Relationship between thyroid and growth in green sunfish, *Lepomis cyanellus* (Rafinesque). *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.92, p.401-408, 1963.
- GROVE, D. J.; LOIZIDES, L.; NOTT, J. Station amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. *J. Fish. Biol.*, v.12, p.507-516, 1978.
- GUTIERREZ, J.; CARRILO, M.; ZANUY, S.; PLANAS, J. Daily rhythms of insulin and glucose levels in the plasma of sea bass, *Dicentrarchus labrax* after experimental feeding. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.55, p.393-397, 1984.
- HERPHER, B. *Nutrition of pond fishes*. New York: Cambridge University Press. 1988. 388p.
- HIGGS, D. A.; EALES, J. G. Influence of food deprivation on radioiodothyronine and radioiodide kinetics in yearling brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), with a consideration of the extent of L-thyroxine conversion to 3,5,3'triiodo-L-thyronine. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.32, p.29-40, 1977.
- HIGGS, D. A.; EALES, J. G. Influence of food deprivation on radioiodothyronine and radiiodide kinetics, in yearling brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), with a consideration of the extent of L-thyroxine conversion to 3,5,3'triiodo L-thyronine. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.32, p.29-40, 1977.
- HIGGS, D. A.; EALES, J. G. Radiothyroxine kinetics in yearling brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), on different levels of dietary intake. *Can. J. Zool.*, v.56, p.80-85, 1978.

- HIGUERA, M. Diseños y métodos experimentales de evaluación de dietas, In: Espinosa, J.; Labrata, U. (ed.) *Nutricion en acuicultura II*, Madrid: Industrias Gráficas España, 1987. p.291-316.
- HIMICK, B. A.; EALES, J. G. The acute effects of food and glucose challenge on plasma thyroxine and triiodothyronine levels in previously starved rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.78, p.34-41, 1990.
- KANEKO, J. J. Thyroid Function In: *Clinical biochemistry of domestic animals*. 4. Ed. 1989, 932p.
- KEHDI, J. A.; URBINATI, E. C.; DIAS, T. C. R. Participação dos hormônios tireoidianos no aproveitamento de carboidratos da dieta de pacus, *Piaractus mesopotamicus*, juvenis. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 9, Sete Lagoas, Resumos... Sete Lagoas - MG, 1996. p.87.
- LAGLER, K. F.; BARDACH, J. E.; MILLER, R. R.; PASSINO, D. R. M. *Ichthyology*, New York: J. Wiley, 1977. 505p.
- LAIDLEY, C. W.; LEATHERLAND, J. F. Circadian studies of plasma cortisol, thyroid hormone, protein, glucose and ion concentration, liver glycogen concentration and liver and spleen weight in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Gen. Comp. Physiol.*, v.89A, p.495-503, 1988.
- LEATHERLAND, J. F.; CHO, C. Y.; SLINGER, S. J. Effects of diet, ambient temperature, and holding conditions on plasma thyroxine levels in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Board Canad.*, v.34, p.677-682, 1978.
- Le BAIL, P. Y.; BOEUF, G. What hormones may regulate food intake in fish? Review. *Aquat. Living Resour.*, v.10, p.371-379, 1997.
- LEE, D. J.; PUTNAM, G. B. The responses of rainbow trout varying protein/energy rations in a test diet. *J. Nutrition*, v.103, p.916-922, 1973.
- LEHNINGER, A. L. *Princípios de Bioquímica*. São Paulo: Sarier, 1984, 725p.
- LOVELL, T. *Nutrition and feeding of fish*. New York: Van Nostrand Reinhold editor, 1989. 260p.

- MATTY, A. J.; LONE, K. P. Hormonal control of protein deposition In: **Nutrition and Feeding in Fish**. Cowey, C. B.; Mackie, A. M.; Bell, J. G. (ed.) New York: Academic Press. 1985. p.146-147.
- MAGNUSON, J. J. An analysis of aggressive behaviour, growth, and competition for food and space in medaka *Oryzias latipes*. **Can. J. Zool.**, v.40, p.313-363, 1962.
- MARAIS, J. J. K.; KISSIL, G. W. The influence of energy level on the food intake, growth and food conversion and composition of *Sparus aurata*. **Aquaculture**, v.17, p. 203-219, 1979.
- MAZUR, C. F.; TILLAPAUGH, D.; BRETT, J. R.; IWAMA, G. K. The effect of feeding level and rearing density on growth, feed conversion and survival in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) reared in salt water. **Aquaculture**, v.117, p.129-140, 1993.
- Mc CORMICK, S. D.; NAIMAN, R. J. Osmoregulation in the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. I. Diel photoperiod and growth related physiological changes in freshwater. **Comp. Biochem. Physiol.**, v.79A, p.7-16, 1984.
- MEDEIROS, G. N.; NICOLAU, W. **Temas atuais de tireoidologia**, São Paulo: Editamed, 1977. 162p.
- MEIER, A. H.; FIVIZZANI, A. J.; SPIELER, R. E.; HORSEMAN, N. D. Circadian hormone basis for seasonal conditions in the gulf Killifish, *Fundulus grandis*. In: Gaillard, P. J.; Boer, H. H. (ed.) **Comparative Endocrinology**. Amsterdam: Elsevier/ North-Holland, 1978. p.141-144.
- MILLÁN, L. M. Manejo del alimento y estrategia alimentaria, In: **Alimentacion en Acuicultura**, Espinosa, J.; Labrata, U. (ed.) Madrid: Industrias Gráficas España, 1987. p.167-218
- MOURGUÉS-SCHURTER, L. R. Estudo da fauna ictiológica do complexo Itutinga-Camargos e Alto Rio Grande e suas possibilidades de manejo: Lavras: 1994. np. (Relatório Técnico do Projeto do Convênio ESAL/CEMIG/FAEPE.).
- NELSON, W.; SCHEVING, L.; HALBERG, F. Circadian rhythms in mice feed a single daily meal at different stages of lighting regimen. **J. Nutrition**, v.105, p.171-184, 1975.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Warm Water Fishes and Shellfishes.** Washington: National Academic Press, 1983. 102p.
- NOESKE, T. A.; ERICKSON, D.; SPIELER, R. E. The time-of-day goldfish receive a single daily meal affects growth. *J. World Mariculture Soc.*, v.12, p.73-77, 1981.
- NOESKE, T. A.; SPIELER, R. E. Circadian feeding time affect growth of fish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.113, p.540-544, 1984.
- NOMURA, H. **Dicionário dos peixes do Brasil.** Brasília: Editerra, 1984. 482p.
- NORRIS, N. O.; WILLIAM, A. G.; GREENDALE, K. Diurnal and seasonal variations in thyroid function of neotenic tiger salamanders (*Ambystoma tigrinum*). *Gen. Comp. Endocrinol.* v.45, p.134-137, 1981.
- OSBORN, R. H.; SIMPTON, T. H.; YOUNGSON, A. F. Seasonal and diurnal rhytms of thyroidal status in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.*, v.12, p.531-540, 1978.
- OSBORN, R. H.; SIMPSON, T. H. Iodoamino acids of plaice plasma; the influence of TSH, stress, and starvation. *Gen. Comp. Encocrinol.*, v.18, p.613, 1972.
- PAGE, J. W.; ANDREWS, J. W. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutrition*, v.103, p.1339-1346, 1973.
- PACKARD, G. C.; PACKARD, M. J.; GORBMAN, A. Serum thyroxine concentrations in the Pacific hagfish and lamprey and in the leopard frog. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.28, p.365-367, 1976.
- PARKER, N. C. Chronobiologic Approach to Aquaculture. *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.113, p.545-552, 1984.
- PEARSON, W. E. **The Nutrition of Fish,** Schweiz/Switzerland: F. Hoffmann - La Roche AG, Basel, 1972. 47p.

- PETER, R. E. The brain and feed behaviours. In: Hoar, W. S.; Randall, D. J.; Brett, J. R. (ed.) **Fish Physiology VIII**, Bioenergetic and Growth. New York: Academic Press, 1979. p.121-153.
- PHELPS, R. P.; CYRINO, J. E. P. The influence of thyroxine and triiodothyronine on the development of channel catfish fry (*Ictalurus punctatus*). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7, ENCONTRO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE ORGANISMOS AQUÁTICO, 2**, Peruibe, Anais... Peruibe, 1992. p.112-116.
- PHILIPPENS, K. M. H.; MAYERSBACH, H. von; SCHEVING, L. E. Effects of scheduling of meal-feeding at different phases of the circadian system in rats. **J. Nutrition**, v.107, p.176-193, 1977.
- PHILLIPS JR, A. M. Calorie and Energy Requirement. In: Halver, J. E. **Fish Nutrition**, New York: Academic Press, 1972. 712p.
- PREJS, A.; COLOMINE, G. **Metodos para el estudio de los alimentos y las relaciones troficas de los peces**. Caracas: Imprenta Universitaria de la Universidad Central de Venezuela, 1981. 130p.
- RANDOLPH, K. N.; CLEMENS, H. P. Some factors influencing the feeding behavior of channel catfish in cultured pond. **Trans. Am. Fish. Soc.**, v.6, p.718-624, 1976.
- REDDY, P. K.; LEATHERLAND, J. F. Does the time of feeding affect the diurnal rhythms of plasma hormone and glucose concentration and hepatic glycogen content of rainbow trout? **Fish Physiol. Biochem.**, v.13, p.133-140, 1994.
- REDDY, P. K.; LEATHERLAND, J. F. Influence of the combination of time of feeding and ration level on the diurnal hormone rhythms in rainbow trout. **Fish Physiol. Biochem.**, v.14, n.1, p.25-36, 1995.
- REGATE, E. S. Neural control of pituitary adrenal activity in *Cyrprinus carpio*. **Gen. Comp. Endocrinol.**, v.22, p.35-41, 1974.
- ROSS, L. G.; ROSS, B. **Anaesthetic and sedative techniques for fish**. Scotland: Institute of Aquaculture University of Stirling, 1984. p. 29-33.
- ROZIN, P.; MAYER, R.J. Regulation of food intake in the goldfish. **Am. J. Physiol.**, v.201, p.968-974, 1961.

- RYDEVIK, M.; BERGSTRÖM, E.; LUNDQVIST, H.; ERIKSSON, L. O. Seasonal changes in thyroid hormones and osmoregulation in mature male parr and 1- and 2-year-old immature parr of Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *Can. J. Zool.*, v.67, p.942-947, 1989.
- RYDEVIK, M.; LINDAHL, K.; FRIDBERG, G. Diel pattern of plasma T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> levels in Baltic salmon parr (*Salmo salar*) during two seasons. *Can. J. Zool.*, v.62, p.643-646, 1984.
- SARKER, A. L. Feeding ecology of the bluegill, *Lepomis macrochirus*, in two heated reservoirs of Texas. III. Time of day and patterns of feeding. *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.106, p.596-601, 1977.
- SILVA, Z. Alimentação natural relacionada a aspectos biológicos e ambientais de *Iheringichthys labrosus* (Kroeyer, 1874) (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae) na represa de Camarogs-MG Lavras: UFLA, 1995. 96p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia, área de concentração: Nutrição de Monogástricos).
- SMITH, R. R. Natural energetics In: Halver, J. E. (ed.) *Fish Nutrition*, New York: Academic Press, 1989. p.1-31.
- SPIELER, R. E. Diel and seasonal changes in response to stimuli: a plague and a promise for mariculture. *Proc. World Mariculture Soc.*, v.8, p.865-882, 1977.
- SPIELER, R. E.; NOESKE, T. A. Diel variations in circulating levels of triiodothyronine and thyroxine in goldfish, *Caracius auratus*. *Can. J. Zool.*, v.57, p.665-669, 1979.
- SPIELER, R. E.; NOESKE, T. A. Effects of photoperiod and feeding chedule on diel variations of locomotor activity, cortisol, and thyroxine in goldfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, v.113, p.528-539, 1984.
- SPIELER, R. E.; NOESKE, T. A. Timing of a single daily meal and diel variations of serum thyroxine, triiodothyronine and cortisol in goldfish, *Caracius auratus*. *Life Sci.*, v.28, p.2939-2944, 1981.
- STACEY, N. E.; MACKENZIE, D. S.; MARCHANT, T. A.; KYLE, A. L.; PETER, R. E. Endocrine changes during natural spawning in the white sucker, *Catastomus commersoni*. 1. Gonadotropin, growth hormone, and thyroid hormones. *Gen. Comp. Endocrinol.*, v.56, p.333-348, 1984.

- STEFFENS, W. **Principios fundamentales de la alimentación de los peces.** Zaragoza: ACRIBIA, 1987. 275p.
- SUNDARARAJ, B. I.; VASAL, S. Photoperiod and temperature control in the regulation of reproduction in the female catfish *Heteropneustes fossilis*. **J. Fish. Res. Board Can.**, v.33, p.950-973, 1976.
- SUNDARARAJ, B. I.; NATH, P.; HALBERG, F. Circadian meal timing in relation to lighting schedule optimizes catfish body weight gain. **J. Nutrition**, v.112, p.1085-1097, 1982.
- TAVARES, L. H. S. **Limnologia aplicada à aquicultura.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.
- THORNBURN, C. C.; MATTY, A. J. The effect of thyroxine on some aspects of nitrogen metabolism in the goldfish (*Caracius auratus*) and the trout (*Salmo trutta*). **Comp. Biochem. Physiol.**, v.8 p.1-12, 1963.
- URBINATI, E. C.; SOUZA, V. L. Alteração nos níveis de hormônios tireoidianos durante a restrição alimentar e realimentação, em pacus, *Piaractus mesopotamicus*, juvenis. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 9**, Sete Lagoas, Resumos... Sete Lagoas - MG, 1996. p.86.
- WHITE, B. A.; HENDERSON, N. E. Annual variations in the circulating levels of thyroid hormones in the brook trout, *Salvelinus fontinalis*, as measured by radioimmunoassay. **Can. J. Zool.**, v.55, p.475-481, 1977.
- YOUNGSON, A. F.; MCLAY, H. A. Thyroid hormone levels in flow-challenged adult salmon (*Salmo salar*). **Can. J. Zool.**, v.67, p.1851-1855, 1989.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes.** Maringá: EDUEM, 1996. 129 p.

## ANEXOS

QUADRO	Página
1A Análise de variância para consumo de ração (g/100g peso vivo) em função da hora de fornecimento e do tempo de disponibilidade da ração para <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, (piauí).....	61
2A Análise de variância para ganho de peso (g) em função da hora de fornecimento da ração para <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, (piauí).....	61
3A Consumo médio de ração (g/100g peso vivo) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, (piauí) por horário de fornecimento e tempo de disponibilidade (h.) no período de 21 e março a 02 de abril de 1996.....	61
4A Análise de variância para concentração plasmática de T <sub>3</sub> (ng/%) em função da época de coleta de sangue e da hora de amostragem após o fornecimento da ração.....	62
5A Análise de variância para concentração plasmática de T <sub>4</sub> (µg/%) em função da época de coleta de sangue e da hora de amostragem após o fornecimento da ração.....	62
6A Concentração média de T <sub>3</sub> plasmático (ng/%) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, relacionadas ao tempo após o fornecimento de ração, em horas, nas coletas de junho e agosto de 1996.....	63
7A Concentração média de T <sub>4</sub> plasmático (µg/%) de <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, relacionadas ao tempo após o fornecimento de ração, em horas, nas coletas de junho e agosto de 1996.....	63
8A Fórmula e composição química da dieta utilizada nos experimentos com <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, durante todo o período experimental.....	64

**FIGURA**

	<b>Página</b>
9A	pH da água dos aquários no período de março a agosto de 1996..... 65
10A	Condutividade da água dos aquários no período de março a agosto de 1996..... 65
11A	Oxigênio dissolvido da água dos aquários no período de março a agosto de 1996..... 66
12A	Peso médio dos peixes da espécie <i>Leporinus obtusidens</i> Valenciennes, 1847, durante os meses de março a agosto de 1996..... 66

Quadro 1A: Análise de variância para consumo de ração (g/100g peso vivo) em função da hora de fornecimento e do tempo de disponibilidade da ração para *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, (piauí).

ANAVA

CV	GL	SQ	QM	F
Hora de Fornec ração (Hfor)	3	0,4286	0,1429	1,25
Disponibilidade (Disp)	4	3,5600	0,8900	7,78**
Hfor x Disp	12	1,5493	0,1291	1,13
Bloco	3	0,0756	0,0252	<1
Erro	57	6,5208	0,1144	-
Total	79	12,1343	-	-

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

CV = 8,39

Quadro 2A: Análise de variância para ganho de peso (g) em função da hora de fornecimento da ração para *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, (piauí).

ANAVA

CV	GL	SQ	QM	F
Hora de Fornec ração (Hfor)	3	1715,3603	571,7868	1,41
Bloco	3	446,3810	148,7937	<1
Erro	9	3643,3255	404,8139	-
Total	15	5805,0668	-	-

CV = 48,87

Quadro 3A: Consumo médio de ração (g/100g peso vivo) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, (piaús) por horário de fornecimento e tempo de disponibilidade (h) no período de 21 e março a 02 de abril de 1996.

Hora de Fornecimento de Ração	Disponibilidade de ração (h)					TOTAIS
	5	4	3	2	1	
10:00	4,10	4,11	4,06	4,35	3,58	4,04 A
14:00	4,13	4,13	4,06	4,40	3,22	3,99 A
22:00	4,08	4,07	3,85	4,09	3,69	3,95 A
02:00	4,16	4,16	4,02	4,29	4,11	4,15 A
TOTAIS	4,11 A	4,12 A	4,00 A	4,28 A	3,65 B	4,03

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha ou na mesma coluna são estatisticamente iguais (P<0,01).

Quadro 4A: Análise de variância para concentração plasmática de T<sub>3</sub> (ng/%) em função da época de coleta de sangue e da hora de amostragem após o fornecimento da ração

ANAVA

CV	GL	SQ	QM	F
Época de coleta (EC)	1	4785,4178	4758,4178	56,23
Hora após o fornec. Ração (HD)	7	4358,7323	622,6760	7,36
EC x HD	7	1829,8589	261,4084	3,09
Bloco	3	547,3466	182,4489	12,1
Erro	45	3807,9634	84,6214	-
Total	63	15302,3190	-	-

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

CV = 6,19

Quadro 5A: Análise de variância para concentração plasmática de T<sub>4</sub> (µg/%) em função da época de coleta de sangue e da hora de amostragem após o fornecimento da ração

ANAVA

CV	GL	SQ	QM	F
Época de coleta (EC)	1	21,3097	21,3097	891,619
Hora após o fornec. Ração (HD)	7	0,1573	0,0225	<1
EC x HD	7	0,4925	0,0704	2,94*
Bloco	3	0,0612	0,0204	<1
Erro	45	1,0771	0,0239	-
Total	63	23,0978	-	-

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

CV = 8,59

Quadro 6A: Concentração média de T<sub>3</sub> plasmático (ng/%) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, relacionadas ao tempo após o fornecimento de ração, em horas, nas coletas de junho e agosto de 1996.

Coleta	Tempo após o fornecimento de ração (h)								Totais
	1	4	7	10	13	16	19	22	
Jun/96	163,69 A a	166,63 A a	175,25 A a	153,32 A b	155,19 A b	147,75 A b	149,95 A b	144,74 A b	157,07
Ago/96	121,56 B b	144,13 B a	157,63 B a	135,01 B b	148,01 A a	137,69 A b	137,51 A b	137,13 A b	139,83
Totais	142,63	155,38	166,44	144,16	151,59	142,72	143,73	140,97	148,45

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na mesma coluna são estatisticamente iguais (P<0.01).

3

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma linha são estatisticamente iguais (P<0.01).

Quadro 7A: Concentração média de T<sub>4</sub> plasmático (µg/%) de *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, relacionadas ao tempo após o fornecimento de ração, em horas, nas coletas de junho e agosto de 1996.

Coleta	Tempo após o fornecimento de ração (h)								Totais
	1	4	7	10	13	16	19	22	
Jun/96	1,23 B b	1,18 B b	1,49 B a	1,23 B b	1,18 B b	1,21 B b	1,12 B b	1,17 B b	1,23
Ago/96	2,38 A a	2,47 A a	2,23 A a	2,32 A a	2,32 A a	2,53 A a	2,32 A a	2,48 A a	2,38
Totais	1,81	1,83	1,86	1,78	1,75	1,87	1,72	1,83	1,81

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na mesma coluna são estatisticamente iguais (P<0,01).

Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma linha são estatisticamente iguais (P<0,01)

Quadro 8A: Fórmula e composição química da dieta utilizada nos experimentos com *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, durante todo o período experimental.

INGREDIENTES	%
Farelo de soja	42,66
Milho (Fubá)	35,28
Farinha de peixe	10,00
Farinha de trigo	10,00
Fosfato bicálcico	1,00
Calcário	0,50
Premix mineral <sup>1</sup>	0,10
Premix vitamínica <sup>1</sup>	0,15
Sal	0,30
Vitamina C	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>
Protéina Bruta <sup>2</sup>	29,50
Energia Bruta (Kcal/Kg ração) <sup>2</sup>	3.900,00
Extrato etéreo <sup>2</sup>	1,95
Matéria seca <sup>2</sup>	89,73
Cinza <sup>2</sup>	5,43
Ca <sup>2</sup>	0,87
P <sup>2</sup>	0,64

<sup>1</sup>Suplemento comercial para frangos de corte de 1 – 21 dias.

<sup>2</sup>Análise realizada no Laboratório de Nutrição Animal - UFLA

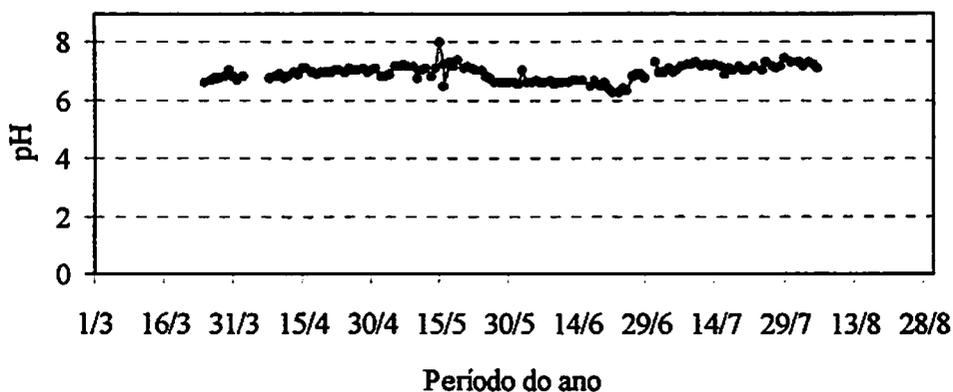


FIGURA 9A: pH da água dos aquários no período de março a agosto de 1996.

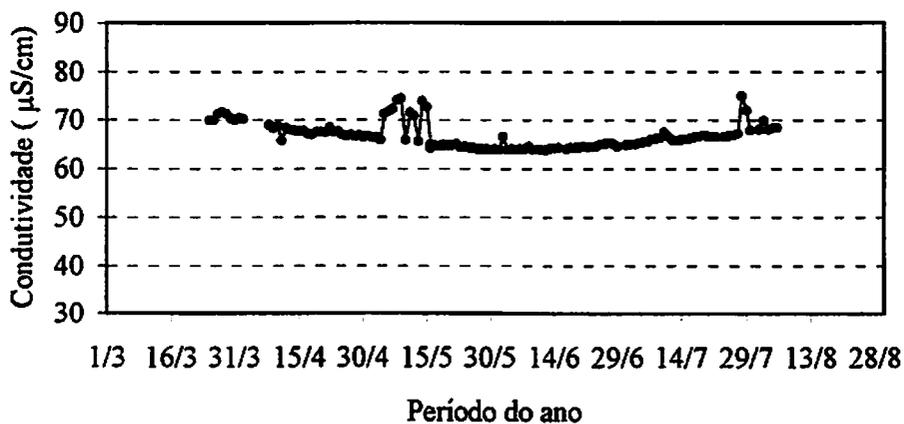


FIGURA 10A: Condutividade da água dos aquários no período de março a agosto de 1996.

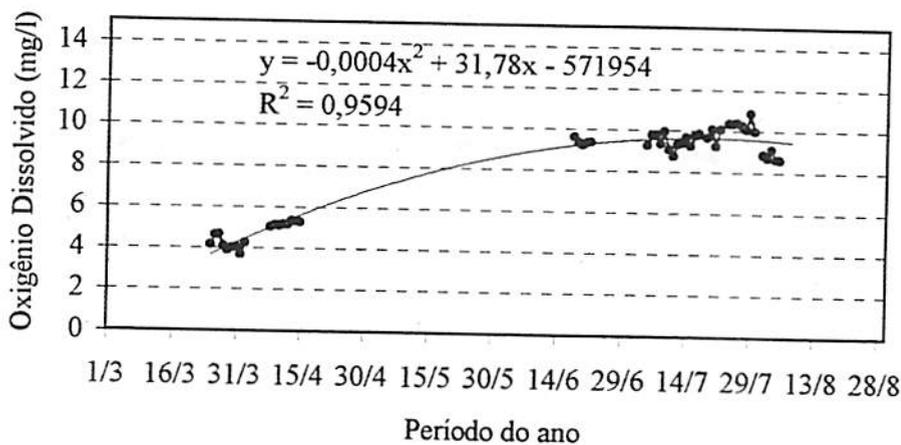


FIGURA 11A: Oxigênio dissolvido da água dos aquários no período de março a agosto de 1996.

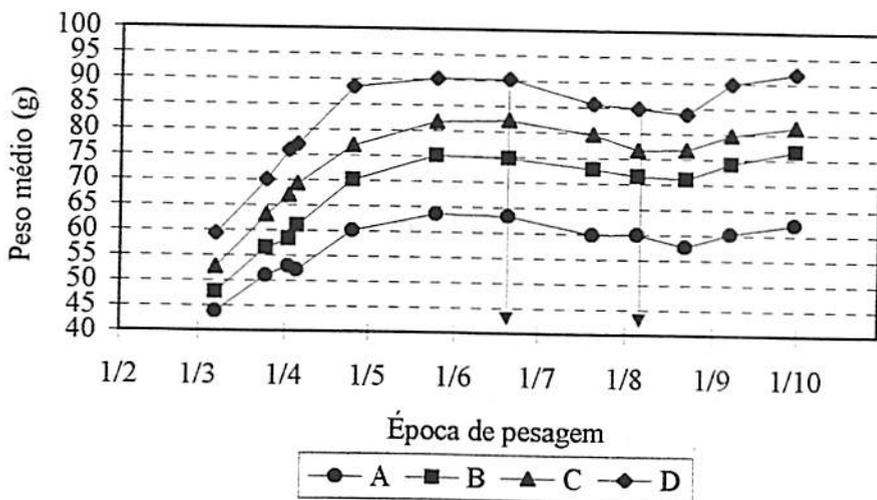


FIGURA 12A: Peso médio dos peixes da espécie *Leporinus obtusidens* Valenciennes, 1847, durante os meses de março a agosto de 1996. As flechas indicam os períodos de amostragem de sangue (19 - 22/06 e 01 - 05/08).