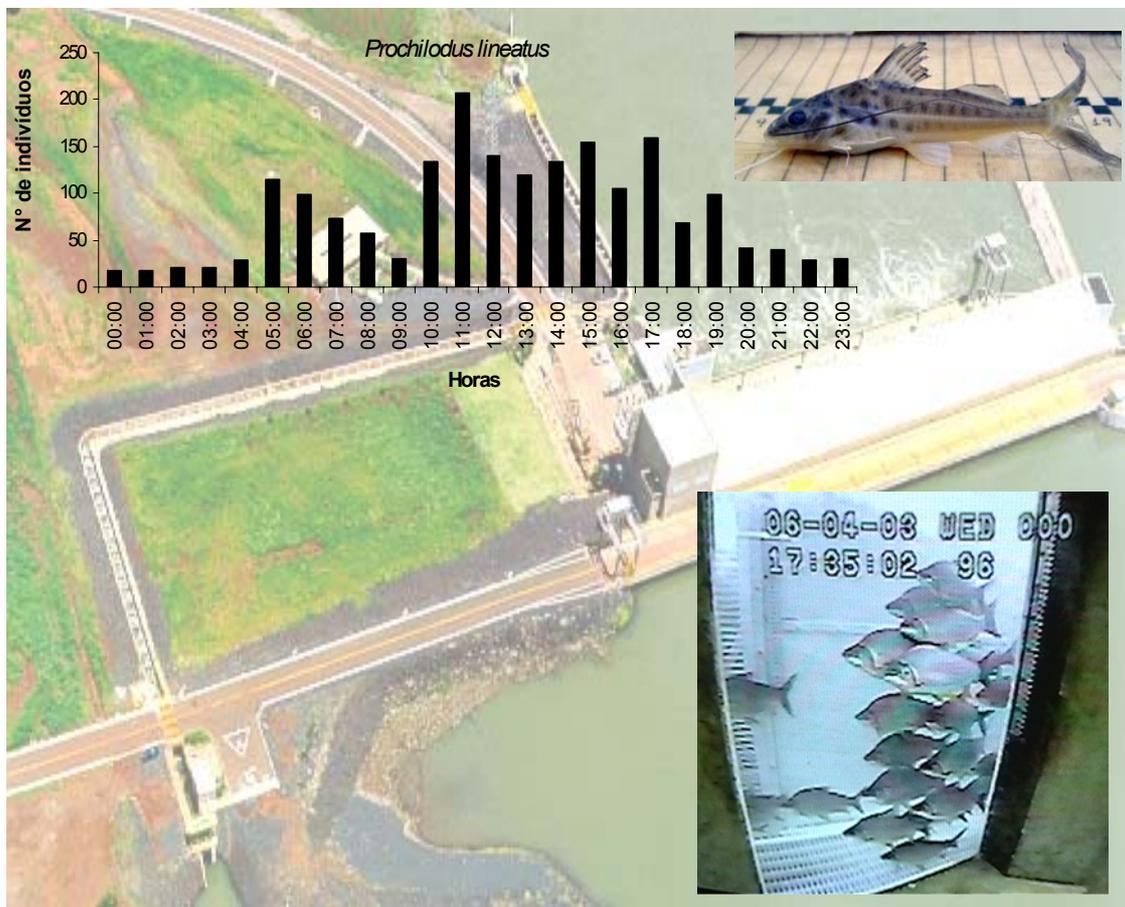


Paula Maciel Bizzotto

TRÂNSITO DE PEIXES NA ESCADA DA UHE-IGARAPAVA, RIO GRANDE, ALTO PARANÁ



Belo Horizonte
2006

Paula Maciel Bizzotto

**TRÂNSITO DE PEIXES NA ESCADA DA UHE-IGARAPAVA,
RIO GRANDE, ALTO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Zoologia de Vertebrados.

Orientador: Dr. Hugo Pereira Godinho

Co-orientador: Dr. Volney Vono

Belo Horizonte

Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados da PUC Minas

2006

Dedico este trabalho aos meus pais, Ricardo e Lúcia Helena, meus primeiros e verdadeiros mestres na arte de ser, amar e educar; e também ao Fred, meu incentivador e companheiro, pelo carinho e paciência.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Hugo Pereira Godinho, pelos valiosos ensinamentos, tolerância diante das minhas incertezas e confiança nas minhas buscas;

ao Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados, por permitir a realização deste trabalho;

ao Consórcio UHE-Igarapava, pela oportunidade a mim oferecida e colaboração na concretização deste trabalho;

à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida;

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO), pelo apoio financeiro;

ao meu co-orientador Dr. Volney Vono, pelas sugestões e pela oportunidade de trabalhar no campo, o que foi muito importante para minha formação como zoóloga;

ao Dr. Alexandre Godinho, pela colaboração imprescindível na reta final deste trabalho;

ao Dr. Gilmar Bastos Santos, pela paciência e boa vontade no auxílio às estatísticas do trabalho e pelos conselhos, sempre enriquecedores;

à bióloga Vanessa Cunha, pela presteza, paciência e auxílio nas análises das vídeo-imagens;

a todos os professores da graduação da PUC Minas, em especial: Luciana Nascimento e José Enemir dos Santos, pela grande influência e contribuição em minha formação acadêmica;

a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados da PUC Minas, que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho;

aos amigos, Levi e Rose, pela hospedagem em Igarapava, com deliciosas traíras fritas, churrascos e pelos agradáveis momentos de convivência;

aos amigos, colegas e funcionários do programa: Gilbert, Muka, Yoshi, Rodrigo, Flávia, Vilaça, Roger, Paty, René, Gustavos, Jack, Ricardo, Marcelo, Marcela, Filipe, Carla, César, Marina, Cledma, Soninha e muitos outros, pela ótima convivência durante estes anos, amizade e ajuda prestada;

à minha família, pelo amor e apoio moral, material e incondicional desde sempre. À minha mãe, em especial, pela ajuda na revisão deste trabalho. Ao Fred, pela compreensão, força e amor dedicados. Aos amigos, pelo apoio constante;

a todos que, de certa forma, contribuíram para a realização deste trabalho, incentivando-me,

minha sincera gratidão.

Esta dissertação foi realizada no Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, sob orientação do Professor Doutor Hugo Pereira Godinho e com auxílio das seguintes instituições:

- Consórcio UHE-Igarapava.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq / CT-Hidro: Utilização racional de mecanismos de transposição de peixes; processo n° 521259/01-0).
- Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – FUNBIO: Centro de Transposição de Peixes; processo n° 4523/2001.

SUMÁRIO

Lista de figuras	08
Lista de tabelas	10
Resumo	11
Abstract	12
1. Introdução	13
1.1 Área de estudo	16
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivos gerais	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
2. Material e Métodos	19
2.1 Registro das vídeo-imagens	19
2.2 Identificação e contagem dos peixes	19
2.3 Temperatura da água	20
2.4 Fases lunares	20
2.5 Variáveis hidrológicas	22
2.6 Análises estatísticas	23
3. Resultados	24
3.1 Espécies e respectivos números de peixes registrados no visor da escada	24
3.2 Trânsito circadiano de peixes no visor da escada	26
3.3 Número de peixes em função da temperatura da água	29
3.4 Número de peixes em função das fases lunares	31
3.5 Número de peixes em função das variáveis hidrológicas	31
4. Discussão	33
5. Conclusões	42
6. Referências	43

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa do Brasil e de Minas Gerais com localização da usina hidroelétrica de Igarapava, no rio Grande, e a montante, a usina de Jaguará (Fonte: Vono *et al.*, 2004) 17
- Figura 2. A - Vista aérea da usina hidroelétrica de Igarapava. T (no reservatório) e CF (no rio) indicam, respectivamente, as áreas de tomada d'água e do canal de fuga; a escada está indicada pelas setas e, próximo ao canal de saída, está o prédio (*) com a sala onde se localiza o visor. B - Parte da escada mostrando os tanques com suas paredes de concreto e a passagem do tipo “ranhura vertical”17
- Figura 3. A: Sala de contagem da escada de peixes da UHE-Igarapava com o sistema de vídeo-imagem. À esquerda, o sistema de registro de imagens, com a câmera e o vídeo-cassete; ao fundo, o visor da escada, podendo ser visualizada, ainda, a lâmpada infravermelha (no topo do visor); B. Esquema do trecho da escada na área do visor (Fonte: Vono *et al.*, 2004)21
- Figura 4. Visor da escada da UHE-Igarapava; fotografia feita por filmadora digital Panasonic, modelo PV-DC252D da tela do televisor. Observam-se, no alto da imagem, os registros da fita de vídeo relativos ao mês, dia e ano e horário em que os peixes passaram.....22
- Figura 5. Número mensal de indivíduos registrados no período de 1º de junho (6) de 2003 a 31 de maio (5) de 2004, em fitas de vídeo, no visor da escada de Igarapava.....26
- Figura 6. Variação circadiana do número de indivíduos de *Pimelodus maculatus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.....27
- Figura 7. Variação circadiana do número de indivíduos de *Leporinus octofasciatus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.....27
- Figura 8. Variação circadiana do número de indivíduos de *Bryconamericus stramineus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.....28

Figura 9. Variação circadiana do número de indivíduos de <i>Leporinus friderici</i> , registrados no visor da escada de Igarapava, de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.....	28
Figura 10. Variação circadiana do número de indivíduos de <i>Prochilodus lineatus</i> , registrados no visor da escada de Igarapava, de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.....	29
Figura 11. Número de indivíduos por espécies mais abundantes (média ± erro-padrão) no visor da escada da UHE-Igarapava, nas diferentes classes de temperaturas da água, no período de 19 setembro de 2003 a 31 de maio de 2004. Letras diferentes indicam diferenças significativas (Teste tipo Tukey, p = 0.05).....	30
Figura 12. Número de espécies, por dia, (média ± erro-padrão) registrado no visor da escada de Igarapava, no período de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004, por fases lunares. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as principais fases lunares: nova (●), quarto crescente (◐), cheia (○) e quarto minguante (◑) (Teste tipo Tukey, p= 0,05).....	32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Variáveis hidrológicas: níveis da água (NA) e vazões (Q) na UHE-Igarapava no período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004. (Número de observações = 5.124)23
- Tabela 2. Contagens absoluta e relativa (%) de peixes no visor da escada da UHE-Igarapava: total e nos períodos chuvoso (outubro/ 2003 - março / 2004) e seco (junho - setembro/ 2003 e abril - maio / 2004).....25
- Tabela 3. Número de peixes, por hora, no visor da escada da UHE-Igarapava em diferentes classes de temperaturas da água, no período de 19 de setembro de 2003 a 31 de maio de 2004. (N = número de classes de temperaturas avaliadas). Letras sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas (Teste tipo Tukey; $p = 0.05$).....29
- Tabela 4. Número de peixes que passou por dia pela escada da UHE-Igarapava no período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004, por percentagem de área lunar iluminada. N = número de observações. Letras sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas entre as principais fases lunares (Teste tipo Tukey; $p = 0,05$).....31

RESUMO

Mecanismos de transposição de peixes têm sido instalados próximos a barramentos hidroelétricos no intuito de religar os trechos de rios seccionados e atrair os peixes, oferecendo a eles rota para a continuidade de seu deslocamento. No Brasil, os primeiros sistemas de transposição datam do início do século passado, entretanto, um número muito reduzido desses sistemas foi avaliado quanto à sua funcionalidade. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o trânsito de peixes na escada da UHE-Igarapava, no rio Grande, Alto Paraná, no período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004, utilizando-se de vídeo-imagens obtidas no visor da escada. Os dados alcançados permitiram estabelecer variações circadianas e sazonais do trânsito das espécies que utilizam esse mecanismo. Avaliaram-se influências da temperatura da água da escada, fases lunares e variáveis hidrológicas sobre o trânsito de peixes. Identificaram-se, pelo menos, 15 espécies de peixes (61.618 indivíduos), sendo *Pimelodus maculatus*, *Leporinus octofasciatus*, *Bryconamericus stramineus*, *Leporinus friderici* e *Prochilodus lineatus*, nessa ordem, as espécies com maior número de indivíduos registrados (cerca de 85% do total). O trânsito de peixes foi acentuadamente maior no período chuvoso, de outubro a março (78%), do que no período de seca, de abril a setembro (22%). Para as espécies de maior ocorrência na escada, observaram-se variações na passagem ao longo das 24 h do dia. Assim, *P. maculatus* transitou pelo visor principalmente no período noturno, *L. octofasciatus* e *B. stramineus*, principalmente no período diurno e *L. friderici* e *P. lineatus*, ao longo das 24 h do dia. A temperatura da água da escada influenciou o trânsito dos peixes, com exceção do *P. lineatus*, tendo passado um número mais elevado de peixes entre 25-27°C. O número de peixes aumentou significativamente com a expansão da área iluminada da lua, isto é, de lua nova a lua cheia. As correlações entre o número diário de peixes e variáveis hidrológicas foram baixas, todavia foram significativas para os níveis de água a montante e a jusante e para a vazão turbinada. A partir desses resultados, pode-se concluir que espécies migradoras utilizaram a escada em número maior do que as não migradoras; o trânsito de peixes na escada de Igarapava é mais intenso na estação chuvosa, entre 25-27 °C, e na lua cheia.

Palavras-chave: migração, escada de peixes da UHE-Igarapava, trânsitos circadiano e sazonal, temperatura da água, fases da lua, variáveis hidrológicas.

ABSTRACT

Fish passage mechanisms have been installed near hydroelectric plants with the purpose of reconnecting separate river segments and attract fish, offering to them a new migratory route. This study was aimed to evaluate the fish passage at the Igarapava fish ladder, Grande River, High Paraná River basin, from July 1st 2003 to May 2004, using video images recorded at the fish ladder window. The data were used to establish circadian and seasonal variations on the fish passage through the ladder. I also evaluated the influences of water temperature, moon phases and hydraulic variables on the fish passage. I identified at least 15 fish species from the 61,618 individuals analyzed. *Pimelodus maculatus*, *Leporinus octofasciatus*, *Bryconamericus stramineus*, *Leporinus friderici* and *Prochilodus lineatus*, in this order, were the most abundant species (about 85% of the total). The fish passage was higher in the rainy season, from October to March (78%), than in the dry season, from April to September (22%). Circadian rhythms of passage were registered. Therefore, *P. maculatus* passed mainly during the night; *L. octofasciatus* and *B. stramineus*, during the day; *L. friderici* and *P. lineatus* were dualistic, passing during the day and night periods. Except for *P. lineatus*, the fish ladder's water temperature had an effect on the number of fish passing through the ladder – it was higher at 25-27 °C. The number of fishes increased significantly with the expansion of the illuminated area of the moon, that is, from new moon to full moon. The correlations between the daily number of fishes and hydraulic variables were low, however they were significant for water level upstream and downstream the fish ladder as well as for turbine flow. From this results we can conclude that migratory species used the fish ladder more often than non migratory species and that the fish passage in the ladder is more intense during raining season with temperature between 25-27°C at full moon.

Keywords: migration, UHE-Igarapava's fish ladder, circadian and seasonal passage, water temperature, moon phases, hydraulic variables.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, os rios têm sido utilizados pelo homem mais do que qualquer outro ecossistema. Conseqüentemente, existem poucos rios no mundo que ainda possuem sua integridade funcional original (Karr, 1993) e a situação do Brasil, especialmente da região Sudeste, enquadra-se nessas condições. O Brasil é o país que possui o maior número de peixes de água doce - cerca de 2.122 espécies já catalogadas (Buckup & Menezes, 2003), 21% da lista mundial -, das quais 134 estão ameaçadas; a maioria dessas espécies ameaçadas, principalmente as endêmicas, encontra-se nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, pois são as regiões mais desenvolvidas do país, o que leva a um maior desgaste de seus ecossistemas (Agostinho *et al.*, 2005). A bacia do Alto Paraná, que tem o rio Grande como um de seus afluentes, conta com, pelo menos, 221 espécies, das quais 16 são migradoras de longa distância (Agostinho *et al.*, 2003).

Na porção superior da bacia do Alto Paraná, encontram-se, atualmente, 130 usinas hidroelétricas em funcionamento, considerando-se apenas aquelas com altura superior a 10 m (Agostinho *et al.*, 2003). Destas, 12 estão inseridas, em cascata, ao longo dos 1.300 km de extensão do rio Grande, o que tem levado à perda de suas características fluviais, transformando o rio em uma sucessão de lagos artificiais (Godinho, 1998; Castro *et al.*, 2004). As populações de peixes são rigorosamente dependentes de características particulares de seus habitats aquáticos, os quais suportam todas as suas funções biológicas, como reprodução, nutrição e locomoção (Northcote, 1984). Essa dependência é marcada em peixes migradores, que requerem diferentes ambientes para as principais fases de seus ciclos de vida. A migração dos peixes entre esses ambientes é essencial para a sobrevivência da espécie (Northcote, 1984; Agostinho *et al.*, 2003). Tal migração pode envolver apenas poucos metros do habitat ao qual o peixe deseja chegar, até dezenas ou centenas de quilômetros de distância (Godoy, 1975).

Além das alterações e reduções de habitats, conseqüentes da implantação das usinas hidroelétricas, as populações de peixes, especialmente de migradores sofrem com as interferências no transporte de sedimentos; retenções de nutrientes e mudanças hidrológicas, hidroquímicas e geofísicas na área do represamento, as quais podem interromper os ciclos reprodutivos destes peixes, alterando suas áreas de desova e seus desenvolvimentos larvais (Horváth & Municio, 1998; Braga, 2001; Laine *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2005). A montante das barragens, os impactos dependem das características do reservatório (tamanho, localização, morfometria, hidrologia), do desenho da barragem, dos procedimentos operacionais, das descargas, do tipo de solo, da interação com outras barragens, no mesmo leito do rio e, principalmente, da disponibilidade de áreas lóxicas remanescentes à montante, as quais contribuirão para manter a continuidade da migração reprodutiva (Agostinho *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2005). Os novos regimes hidrológicos, dependentes das descargas das usinas hidroelétricas, exercem papel importante sobre as populações de jusante (Godinho *et al.*, 1998).

Com o objetivo de permitir aos peixes, principalmente aos migradores, ultrapassarem os obstáculos que são os barramentos hidroelétricos, mecanismos de transposição de peixes têm sido instalados. Construídos próximos às barragens, esses são estruturas especiais que atraem os peixes, oferecendo a eles uma rota para a continuidade de seu trânsito, na bacia afetada (Clay, 1995; Travade & Larinier, 2002). Em países de clima temperado, têm-se obtido sucesso com a transposição de salmonídeos anádromos e de outras espécies por meio desses sistemas (Schwalme *et al.*, 1985; Hatch *et al.*, 1994; Stuart & Mallen-Cooper, 1999; Stuart & Berghuis, 2002). No Brasil, as primeiras escadas de peixes construídas datam do início do século passado, sendo a primeira escada para peixes localizada na barragem da UHE-Itaipava, no rio Pardo, estado de São Paulo. Pelo menos 30 destas usinas hidroelétricas construídas foram instaladas no Sudeste do país,

das quais um número muito reduzido foi avaliado quanto à sua funcionalidade (Godinho *et al.*, 1991).

Recentemente, novos mecanismos de transposição de peixes têm sido instalados em diferentes rios do Sudeste brasileiro, por força de legislação recente (Minas Gerais, Lei nº 12.488, de 09/04/1997), todavia, são objetos de avaliações conflitantes, pois a maioria deles foi implantada unidirecionalmente em áreas com reservatórios construídos em cascata, nos quais faltam habitats adequados ao recrutamento (Agostinho *et al.*, 2002; Agostinho *et al.*, 2005).

O monitoramento dos sistemas de transposição de peixes é uma atividade de importância relevante. Por meio dele, pode-se avaliar sua funcionalidade e coletar informações técnicas e biológicas que servirão tanto para a adequada gestão do sistema, como para o desenvolvimento de projetos futuros (Travade & Larinier, 2002). Nas últimas décadas, têm-se avaliado a eficiência da transposição e o custo de manutenção desses equipamentos por meio de tecnologias variadas: marcação dos peixes com PIT-TAG (sinalizador integrado passivo) (Castro-Santos *et al.*, 1996; Haro *et al.*, 1999) e radiotransmissores (Gowans *et al.*, 1999); estudos de modelos de bioenergética (Trudel & Boisclair, 1994); capturas por unidade de esforço em ciclos de transposição por elevadores, (Oldani & Baigún, 2002; Pompeu & Martinez, 2005) e através de vídeo-imagens (Haro & Kynard, 1997). Circuito fechado de televisão, combinado com gravadores de vídeo, tem sido proposto como um método prático, econômico e exato para o monitoramento da passagem de peixes através de barragens, além de constituir-se em um método efetivo de quantificação e análise de comportamento dos peixes (Hatch *et al.*, 1994; Wardle & Hall, 1994; Haro & Kynard, 1997; Bowen *et al.*, 2005, no prelo). A presença e o trânsito de peixes na escada da usina hidroelétrica de Igarapava têm sido registrados desde que a usina entrou em operação e os resultados obtidos, têm sido apresentados principalmente em eventos científicos (Vono *et al.*, 2004). A exatidão dos dados obtidos com o método de gravações em fitas de vídeo permite inferir que esse método pode ser

utilizado com vantagens em programas de monitoramento de longo termo (Bowen *et al.*, 2005, no prelo). Dessa forma, os registros de peixes na escada de Igarapava, obtidos por esse método, durante o período de um ano, constituíram a base de dados utilizada no presente trabalho.

1.1 ÁREA DE ESTUDO

A usina hidroelétrica (UHE) de Igarapava, construída no rio Grande, foi inaugurada em 1998 e localiza-se a montante da UHE-Volta Grande e a jusante da UHE-Jaguara (Fig.1). Seu reservatório possui uma área de inundação de 36,5 km² e gera 210 MW. Possui cinco turbinas Kaplan do tipo “bulbo”, sendo a primeira usina, no Brasil, com esse tipo de gerador, que foi desenvolvido com o objetivo de tornar técnica e economicamente viável o aproveitamento de baixas quedas na geração de energia elétrica (CEMIG, 2005; <<http://www.cemig.com.br>>, acessado em novembro de 2005).

Ao lado da barragem da UHE-Igarapava, construiu-se uma escada para peixes, inaugurada em 1999, do tipo ranhura vertical (“vertical-slot”) (Fig.2A e B). A escada é dotada de canal de entrada com 16,6 m de extensão, cuja estrutura mede 282 m e seu canal de saída mede 27 m, tendo o comprimento total de 325,6 m. Possui 17 m de altura e 6% de declividade. É constituída de 87 tanques (degraus) de 3 x 3 m interligados por ranhura vertical com 40 cm de largura. No canal de entrada da escada, encontra-se a abertura do sistema auxiliar de água da escada (água de atração). A vazão máxima pela escada é de 1,8 m³/s e a vazão máxima auxiliar é de 6 m³/s. O último tanque dessa escada, situado junto ao canal de saída (Fig. 2A), é dotado de visor de acrílico transparente, com dimensões de 1.17 m x 0.5 m, através do qual se pode observar o trânsito de peixes.

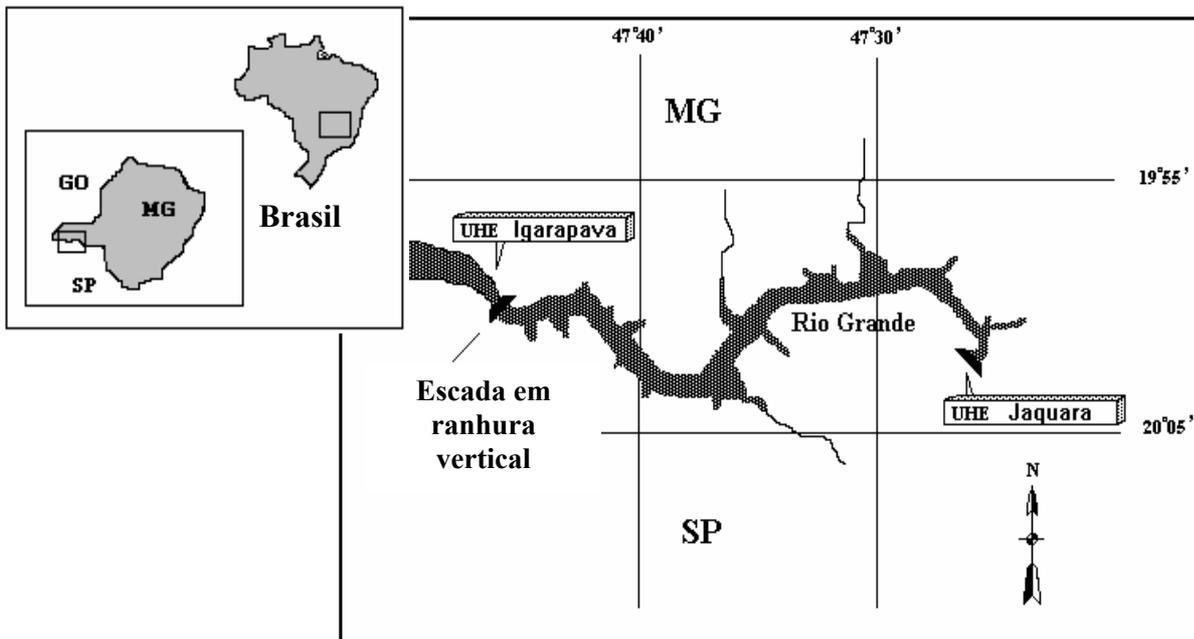


Figura 1. Mapa do Brasil e de Minas Gerais com localização da usina hidrelétrica de Igarapava, no rio Grande, e a montante, a usina de Jaguará (Fonte: Vono *et al.*, 2004).



Figura 2. A - Vista aérea da usina hidrelétrica de Igarapava. T (no reservatório) e CF (no rio) indicam, respectivamente, as áreas de tomada d'água e do canal de fuga; a escada está indicada pelas setas e, próximo ao canal de saída, está o prédio (*) com a sala onde se localiza o visor. B - Parte da escada mostrando os tanques com suas paredes de concreto e a passagem do tipo "ranhura vertical".

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o trânsito de peixes na escada da usina hidroelétrica de Igarapava, quanto às espécies e seus comportamentos, através de vídeo-imagens, obtidas no visor da escada, no período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004, de modo a fornecer subsídios aos estudos de avaliação da eficiência e monitoramento desse mecanismo.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

i) investigar a possibilidade da ocorrência de comportamentos circadiano (ao longo das 24h do dia) e sazonal (períodos de seca e chuva) no trânsito de peixes;

ii) investigar possíveis influências da temperatura da água da escada, das fases lunares e das variáveis hidrológicas no trânsito de peixes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Registro das vídeo-imagens*

Para a obtenção das imagens dos peixes que transitaram pela escada da UHE-Igarapava, instalou-se, em sua sala de contagem, um sistema de vídeo-imagens (Fig. 3A e B) constituído de uma filmadora em cores Sanyo, modelo VCC-4594, em sistema de TV padrão NTSC (525 linhas horizontais de TV e 350, verticais, com 30 quadros/s). As imagens foram gravadas em vídeo-cassete Sony, modelo SVT-LC300, dotado de sistema de gravação em intervalo de tempo (time-lapse system), o qual permite uma gravação compactada, ou seja, enquanto um gravador convencional permite gravar em média 6h, o time-lapse grava até 960h. Esse tipo de vídeo-tecnologia proporciona registro permanente do trânsito de peixes através do visor (Bowen *et al.*, 2005, no prelo). A filmadora foi instalada a 1 m de altura do assoalho da sala, direcionada obliquamente para o visor, funcionando 24 h/dia. Para possibilitar a captação de imagem durante o período noturno, instalou-se, a 0,7 m do visor, uma lâmpada infravermelha modelo Chill Chaser-Deluxe, Infrared and Heatlamp (250 W; 220 V), marca GE (Fig. 3A e B). Utilizaram-se fitas cassetes VHS estéreo, em cromo, EQT -120 e EQT - 160, cuja duração de gravação foi equivalente a 4 e 5 dias, respectivamente.

2.2 *Identificação e contagem dos peixes*

A contagem dos peixes foi realizada no laboratório do Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados da PUC Minas utilizando-se de vídeo-cassete LG, Cinemaster, cinco cabeças, ligado a um televisor Sony, em cores, modelo KV21S85. As fitas cassetes foram analisadas por duas biólogas previamente treinadas que identificaram e contaram os peixes, de acordo com os registros de ano, mês, dia e hora gravados nas fitas (Fig. 4); os dados obtidos foram inseridos em uma planilha do Microsoft Excel. O tempo gasto pelas biólogas, na contagem dessas fitas, variou entre uma e duas horas, para cada dia analisado. Essa variação ocorreu em decorrência

da visibilidade da água no visor, da velocidade de passagem dos peixes e da forma como passavam; sozinhos ou em cardumes. Analisaram-se fitas correspondentes ao período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004. Devido à manutenção e à limpeza da escada, 38 dias desse período não foram analisados, a saber: 11/07/2003; de 20 a 31/07/2003; 01 a 08/08/2003; 05/09/2003; 07 a 14/11/2003; 30/11/2003; 18/02/2004; 13 a 17/04/2004 e 22/04/2004.

As contagens permitiram estabelecer: i) as espécies que transitaram pelo visor e os respectivos números de seus indivíduos; ii) o trânsito sazonal (chuvoso: outubro a março; seca: abril a setembro, segundo o Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais; <<http://www.simge.mg.gov.br>>, acessado em março de 2006) dos peixes no visor da escada; e iii) a variação circadiana (ao longo das 24h do dia) do trânsito das espécies mais abundantes na escada: *Pimelodus maculatus*, *Leporinus octofasciatus*, *Bryconamericus stramineus*, *Leporinus friderici* e *Prochilodus lineatus*.

2.3 Temperatura da água

A temperatura da água na escada de Igarapava foi obtida através de termômetro modelo Optic stowaway temp logger, marca Onset, no período de 19 de setembro de 2003 a 31 de maio de 2004.

2.4 Fases lunares

O número de peixes que transitaram na escada foi avaliado nas fases lunares: nova, quarto crescente, cheia e quarto minguante. Considerando-se que o mês lunar tem a duração de 29,5 dias, em cada fase lunar, foram acrescentados os dias englobados por + 0,125% e - 0,125% da área iluminada do disco lunar correspondente. As datas de ocorrência dessas fases foram obtidas na

página do Centro de Astrofísica, UFMG; <<http://www.fisica.ufmg.br/~astrof/>>, acessada em fevereiro de 2006.

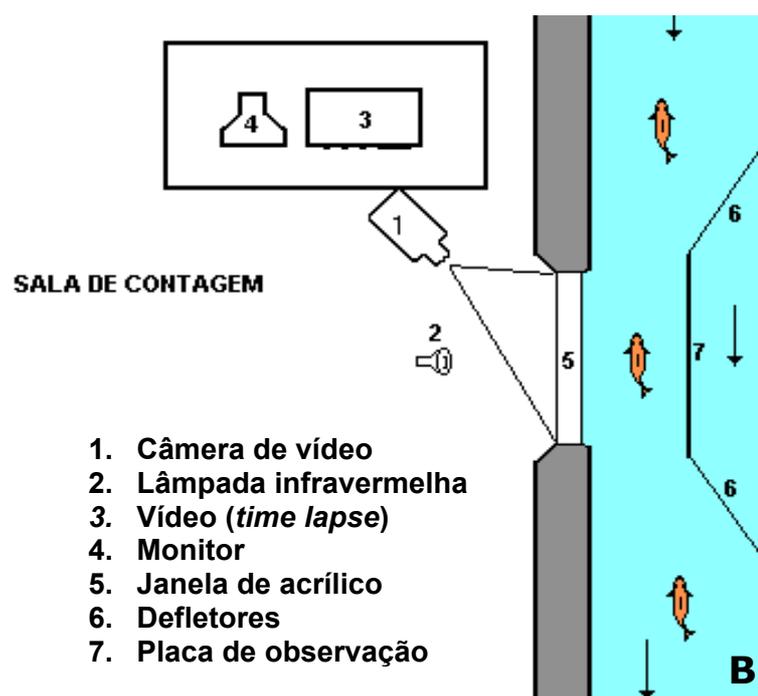


Figura 3. A: Sala de contagem da escada de peixes da UHE-Igarapava com o sistema de vídeo-imagem. À esquerda, o sistema de registro de imagens, com a câmera e o vídeo-cassete; ao fundo, o visor da escada, podendo ser visualizada, ainda, a lâmpada infravermelha (no topo do visor); B: Esquema do trecho da escada na área do visor (Fonte: Vono *et al.*, 2004).



Figura 4. Visor da escada da UHE-Igarapava; fotografia feita por filmadora digital Panasonic, modelo PV-DC252D da tela do televisor. Observam-se, no alto da imagem, os registros da fita de vídeo relativos ao mês, dia e ano e horário em que os peixes passaram.

2.5 Variáveis hidrológicas

As variáveis hidrológicas avaliadas foram: i) níveis d' água a montante e a jusante da barragem da UHE-Igarapava; ii) níveis d' água no visor da escada e iii) vazões afluentes e turbinadas. O mecanismo de transposição da UHE-Igarapava conta com um sistema de regulação da vazão da água de atração da escada. Todavia esse sistema esteve fora de funcionamento durante o período de estudo, tendo a vazão da água de atração sido mantida em sua vazão máxima, isto é, 6 m³/s. No período de estudo não houve vertimento. Os dados diários relativos a essas variáveis foram fornecidos pela Estação de Hidrologia da UHE-Igarapava, para o período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004 e encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Variáveis hidrológicas: níveis da água (NA) e vazões (Q) na UHE-Igarapava no período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004. (Número de observações = 5.124).

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
NA montante	512,13	0,05	512,0	512,2
NA jusante	494,77	0,73	483,6	495,5
Q afluenta	837,35	146	429,0	1284,7
Q turbinada	839,25	143	382,7	1310,0
Q vertida	0	-	-	-
Q água de atração (m ³ /s)	~6	-	-	-

2.6 Análises estatísticas

Tendo em vista o não cumprimento das premissas relativas à normalidade das variáveis analisadas e ao princípio das variâncias iguais (homocedasticidade) (teste de Shapiro-Wilk, SAS'Univariate Procedure, SAS, 1999), mesmo após a transformação dos dados (Sokal & Rohlf, 1995), utilizou-se o método não paramétrico de Kruskal-Wallis (Minitab, v. 12,0; $p = 0,05$) para avaliar as relações entre número de peixes que passaram pelo visor da escada de Igarapava e temperatura da água da escada e fases lunares. Os valores de temperatura (em °C) foram agrupados em cinco classes: 16-18, 19-21, 22-24, 25-27 e 28-30; as fases lunares foram: cheia, quarto crescente, nova e quarto minguante. Nas situações em que diferenças significativas foram registradas (exceto para *P.lineatus*, cujas diferenças não foram significativas), aplicou-se o teste não-paramétrico do tipo Tukey, modificado por Dumm (1964) in Zar (1998).

Aplicou-se o teste de correlação de Pearson (Minitab, v. 12,0, $p=0,05$) entre as variáveis hidrológicas e o trânsito de peixes na escada, a fim de se avaliar as possíveis influências destas variáveis sobre a passagem desses peixes.

3 RESULTADOS

3.1 *Espécies e respectivos números de peixes registrados no visor da escada*

Identificaram-se, pelo menos, 15 espécies no visor da escada de Igarapava (Tab. 2). Devido à semelhança morfológica, não foi possível determinar as espécies dos gêneros *Astyanax*, *Hyostomus* e *Cichla*. O número total de peixes registrados foi de 61.618 (Tab. 2). Dentre as espécies migradoras, *Pimelodus maculatus*, *Leporinus octofasciatus*, *Leporinus friderici* e *Prochilodus lineatus* foram, nessa ordem, as espécies com maior número de indivíduos registrados (~77,8% do total), tendo a primeira se destacado com 20.702 indivíduos, isto é, 33,6% do total. Dentre as espécies não migradoras, *Bryconamericus stramineus* foi a mais abundante, com 12,7% do total de indivíduos que transitaram na escada. Apenas 6,5% (n = 3.994) dos peixes não foram identificados (Tab. 2).

O trânsito de peixes foi acentuadamente maior no período chuvoso (78% do total, n = 47.827) do que no período de seca (22%; n = 13.791) (Fig. 5). Todas as espécies transitaram predominantemente no período chuvoso, com cerca de 75% de seus indivíduos. O trânsito de *Pimelodus maculatus*, todavia, foi, aproximadamente, o mesmo em ambas as estações. *Leporinus elongatus* e *Clarias gariepinus* foram as únicas espécies com trânsito registrado apenas no período chuvoso. *Schizodon nasutus* e *Galeocharax knerii* utilizaram a escada, preferencialmente, no período seco (Tab. 2).

Tabela 2. Contagens absoluta e relativa (%) de peixes no visor da escada da UHE-Igarapava: total e nos períodos chuvoso (outubro/ 2003 - março / 2004) e seco (junho - setembro/ 2003 e abril - maio / 2004).

Espécies	Total		Período chuvoso		Período seco	
	Absoluta	%	Absoluta	%	Absoluta	%
Migradoras						
<i>Pimelodus maculatus</i>	20.702	33,6	11.420	55,1	9.282	44,9
<i>Leporinus octofasciatus</i>	19.358	31,4	17.214	89	2.144	11
<i>Leporinus friderici</i>	2.778	4,5	2.108	75,8	670	24,2
<i>Prochilodus lineatus</i>	1.939	3,1	1.570	81	369	19
<i>Salminus hilarii</i>	95	0,2	92	96,8	3	3,2
<i>Colossoma macropomum</i>	27	0,01	21	77,7	6	22,3
<i>Leporinus elongatus</i>	2	0	2	100	0	0
Sub-total	44.901	72,8	32.427		12.474	
Não migradoras						
<i>Bryconamericus stramineus</i>	7.853	12,7	7.747	98,6	106	1,4
<i>Astyanax</i> spp.	1.484	2,4	1.459	98,3	25	1,7
<i>Cichla</i> spp.	1.155	1,9	1.105	95,6	50	4,4
<i>Hypostomus</i> spp.	1.113	1,8	926	83,1	187	16,9
<i>Metynnis maculatus</i>	885	1,4	849	99,2	36	0,8
<i>Schizodon nasutus</i>	131	0,3	64	48,8	67	51,2
<i>Galeocharax knerii</i>	52	0,1	15	28,8	37	71,2
<i>Clarias gariepinus</i>	50	0,1	50	100	0	0
Sub-total	12.723	20,7	12.215		508	
Não identificadas	3.994	6,5	3.185	79,7	809	20,3
Total	61.618	...	47.827	78	13.791	22

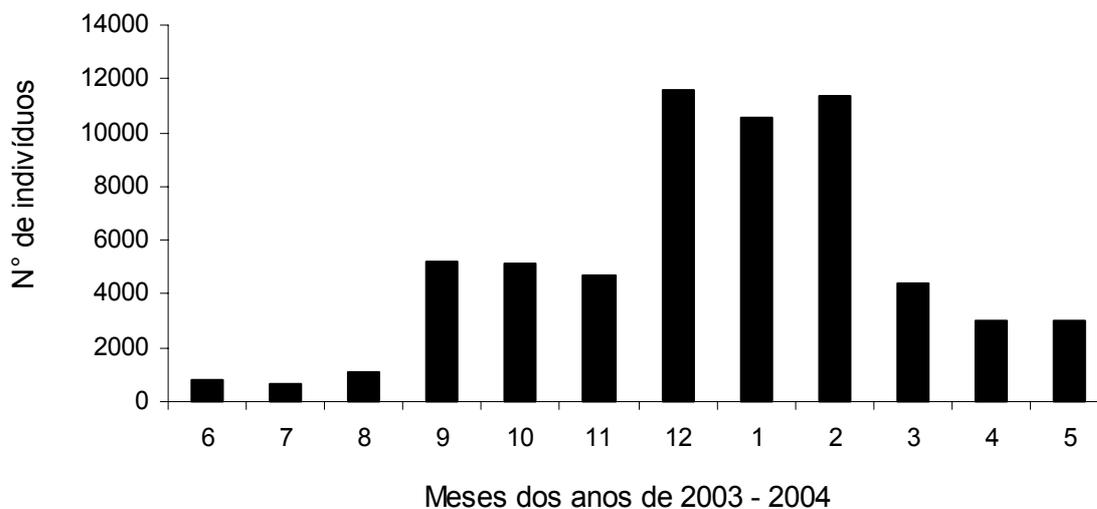


Figura 5. Número mensal de indivíduos registrados no período de 1° de junho (6) de 2003 a 31 de maio (5) de 2004, em fitas de vídeo, no visor da escada de Igarapava.

3.2 *Trânsito circadiano de peixes no visor da escada*

As espécies de maior ocorrência na escada apresentaram variações no número de sua passagem pelo visor, ao longo das 24h do dia. Assim, *P. maculatus* passou pelo visor principalmente no período noturno, de 17h às 06h, com pico de ocorrência entre 20h e 03h (Fig. 6). Para *L. octofasciatus*, a segunda espécie mais abundante, ocorreu o inverso, ou seja, ela passou pelo visor principalmente no período diurno, de 04h às 17h, com pico entre 14h e 16h (Fig. 7). *B. stramineus* passou durante o dia, entre 04h e 17h, com picos às 11h e às 14h (Fig. 8). *L. friderici* e *P. lineatus*, por sua vez, passaram ao longo das 24 h do dia, com picos às 08h, 10h e 16h e às 11h e às 17h, respectivamente (Fig. 9 e 10).

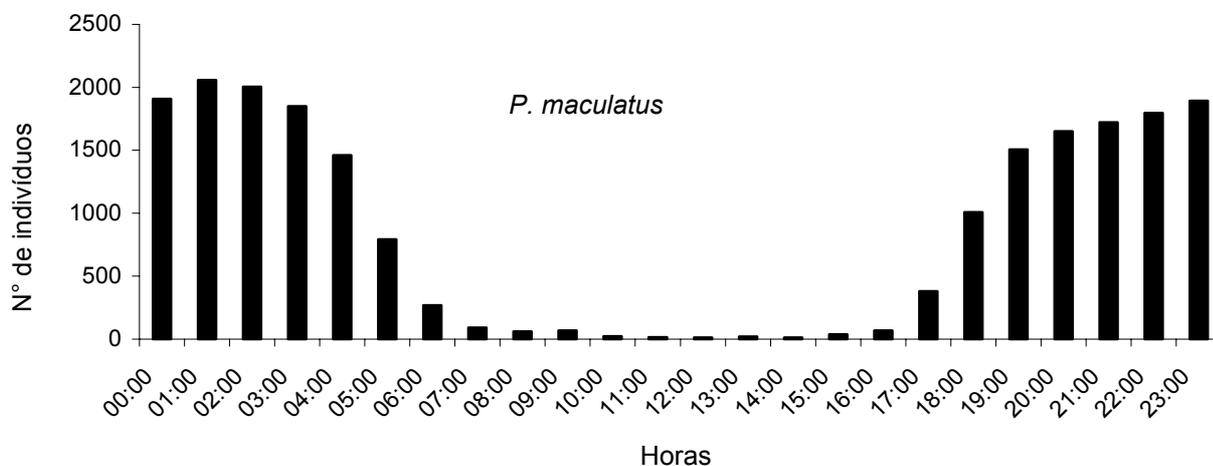


Figura 6. Variação circadiana do número de indivíduos de *Pimelodus maculatus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.

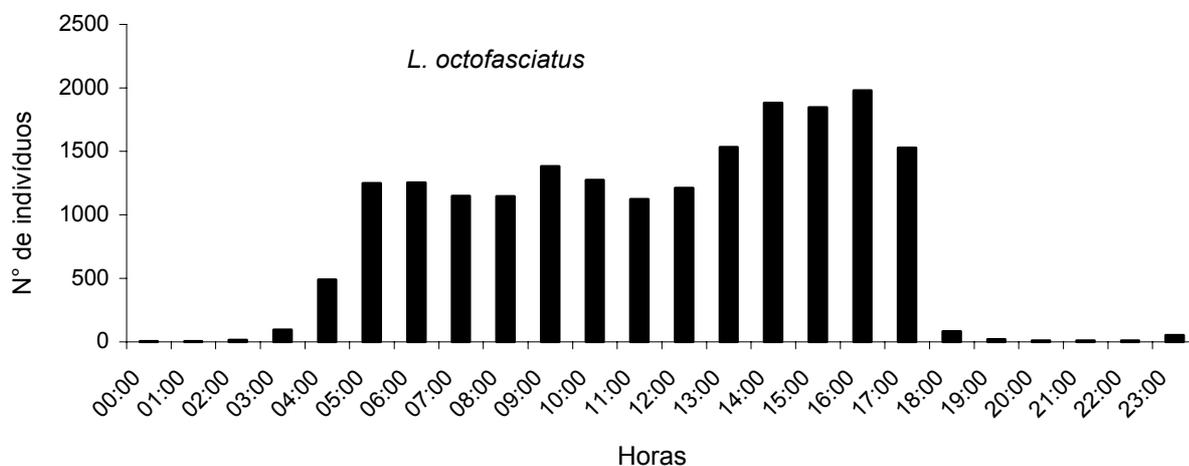


Figura 7. Variação circadiana do número de indivíduos de *Leporinus octofasciatus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.

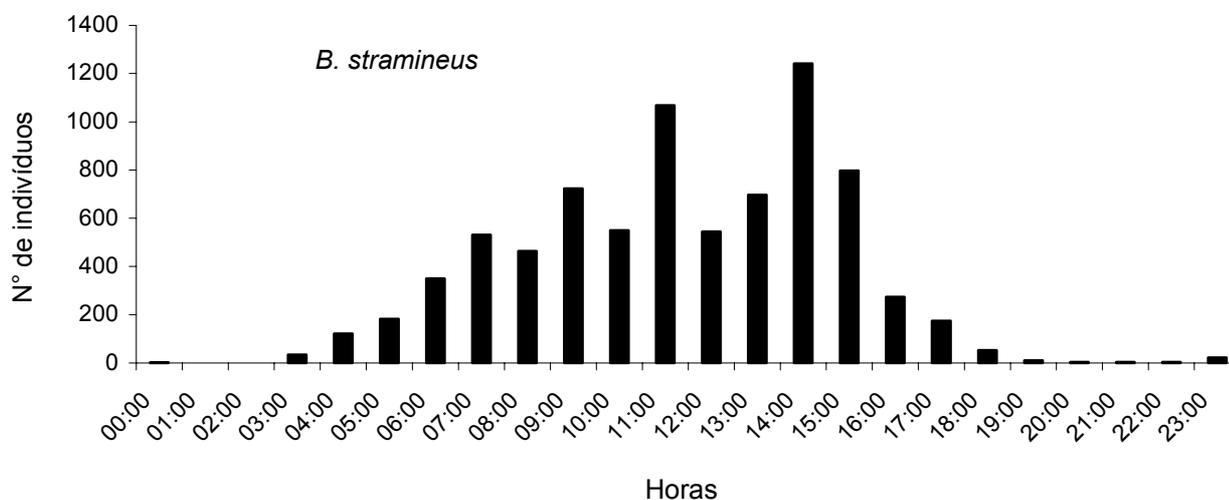


Figura 8. Variação circadiana do número de indivíduos de *Bryconamericus stramineus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.

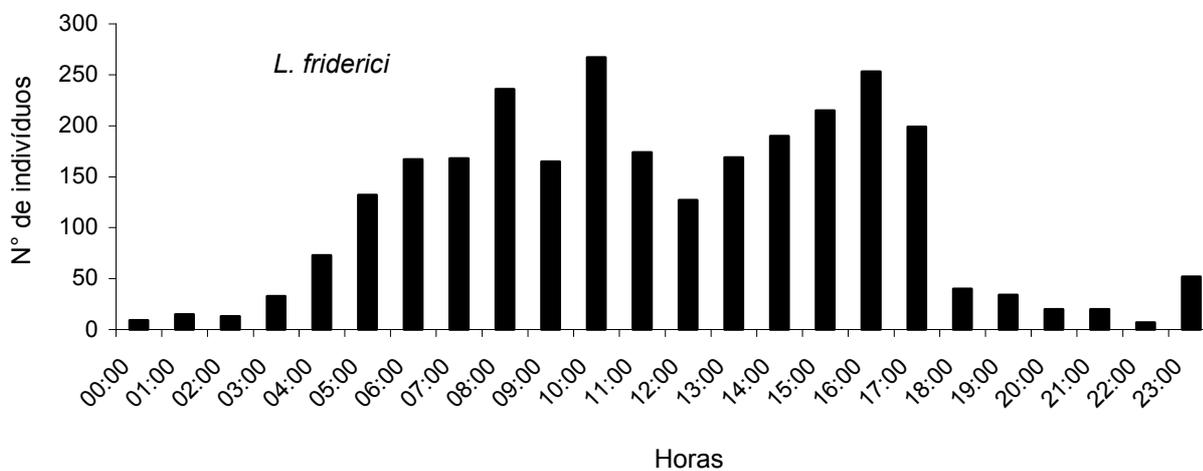


Figura 9. Variação circadiana do número de indivíduos de *Leporinus friderici*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.

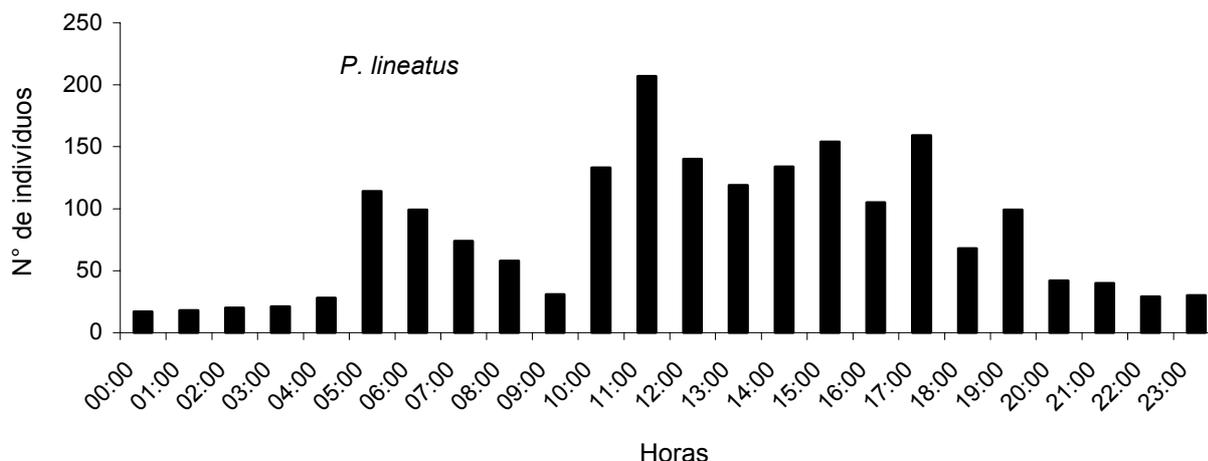


Figura 10. Variação circadiana do número de indivíduos de *Prochilodus lineatus*, registrados no visor da escada de Igarapava, de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004.

3.3 Número de peixes em função da temperatura da água

Houve tendência significativa de aumento do número de peixes que passou pela escada, com o aumento da temperatura da água (Tab. 3). Para as espécies mais abundantes, as temperaturas entre 22 e 27 °C favoreceram a passagem de peixes, exceto *P. lineatus* (Kruskal-Wallis, seguido de tipo Tukey; $p = 0.05$; Fig. 11).

Tabela 3. Número de peixes, por hora, no visor da escada da UHE-Igarapava, em diferentes classes de temperaturas da água, no período de 19 de setembro de 2003 a 31 de maio de 2004. (N = número de classes de temperaturas avaliadas). Letras sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas (Teste tipo Tukey; $p = 0.05$).

Temperatura (°C)	N	Número de peixes*
16-18	101	$3,4 \pm 0,19^a$ (1-9)
19-21	213	$4,8 \pm 0,27^a$ (1-28)
22-24	738	$8,4 \pm 0,37^b$ (1-56)
25-27	2735	$12,6 \pm 0,58^c$ (1-806)
28-30	528	$19,6 \pm 2,35^d$ (1-554)

* média \pm erro-padrão; amplitude entre parêntesis.

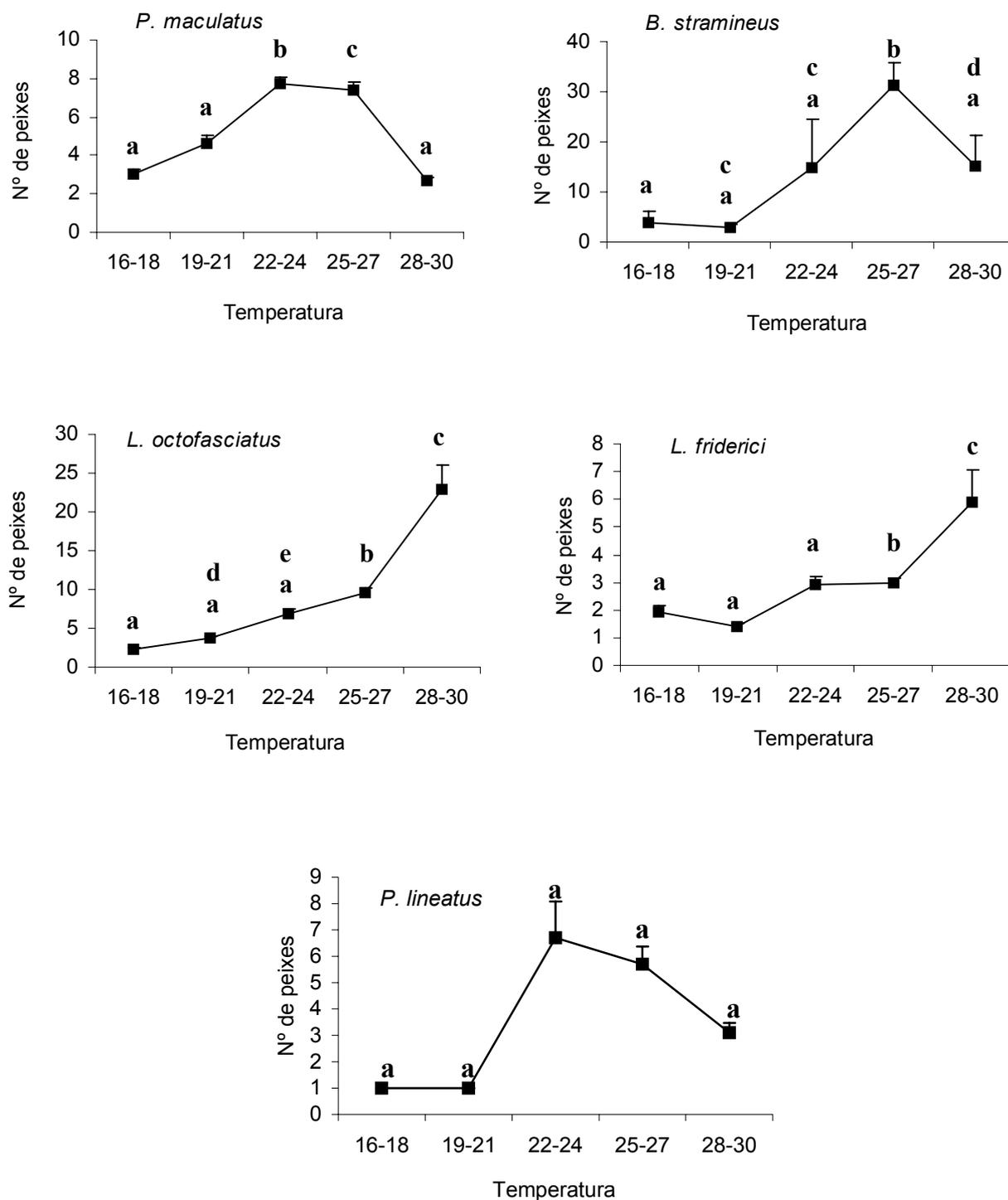


Figura 11. Número de indivíduos por hora, por espécies mais abundantes (média ± erro-padrão), no visor da escada da UHE-Igarapava, nas diferentes classes de temperaturas da água, no período de 19 setembro de 2003 a 31 de maio de 2004. Letras diferentes indicam diferenças significativas (Teste tipo Tukey, $p = 0.05$).

3.4 *Número de peixes em função das fases lunares*

O número de peixes aumentou significativamente com a expansão da área iluminada da lua, isto é, de lua nova a lua cheia (Tab. 4, Fig. 12; teste tipo Tukey, $p = 0,05$).

Tabela 4. Número de peixes que passou por dia pela escada da UHE-Igarapava no período de 1° de junho de 2003 a 31 de maio de 2004, por percentagem de área lunar iluminada. N = número de observações. Letras sobrescritas diferentes indicam diferenças significativas entre as principais fases lunares (Teste tipo Tukey; $p = 0,05$).

Fases da lua	N	Número de peixes/dia (média \pm erro-padrão)
Nova	39	93,9 \pm 12,3 ^a
Quarto crescente	37	142,1 \pm 22,4 ^b
Cheia	41	517,8 \pm 120,0 ^c
Quarto minguante	37	147,3 \pm 29,5 ^b

3.5 *Número de peixes em função das variáveis hidrológicas*

As correlações entre o número diário de peixes que passou pela escada de Igarapava e as variáveis hidrológicas foram baixas ($r = 0,11-0,16$). Todavia, elas foram significativas (teste de correlação de Pearson, $p = 0,05$) para os níveis de água a montante e a jusante e para a vazão turbinada.

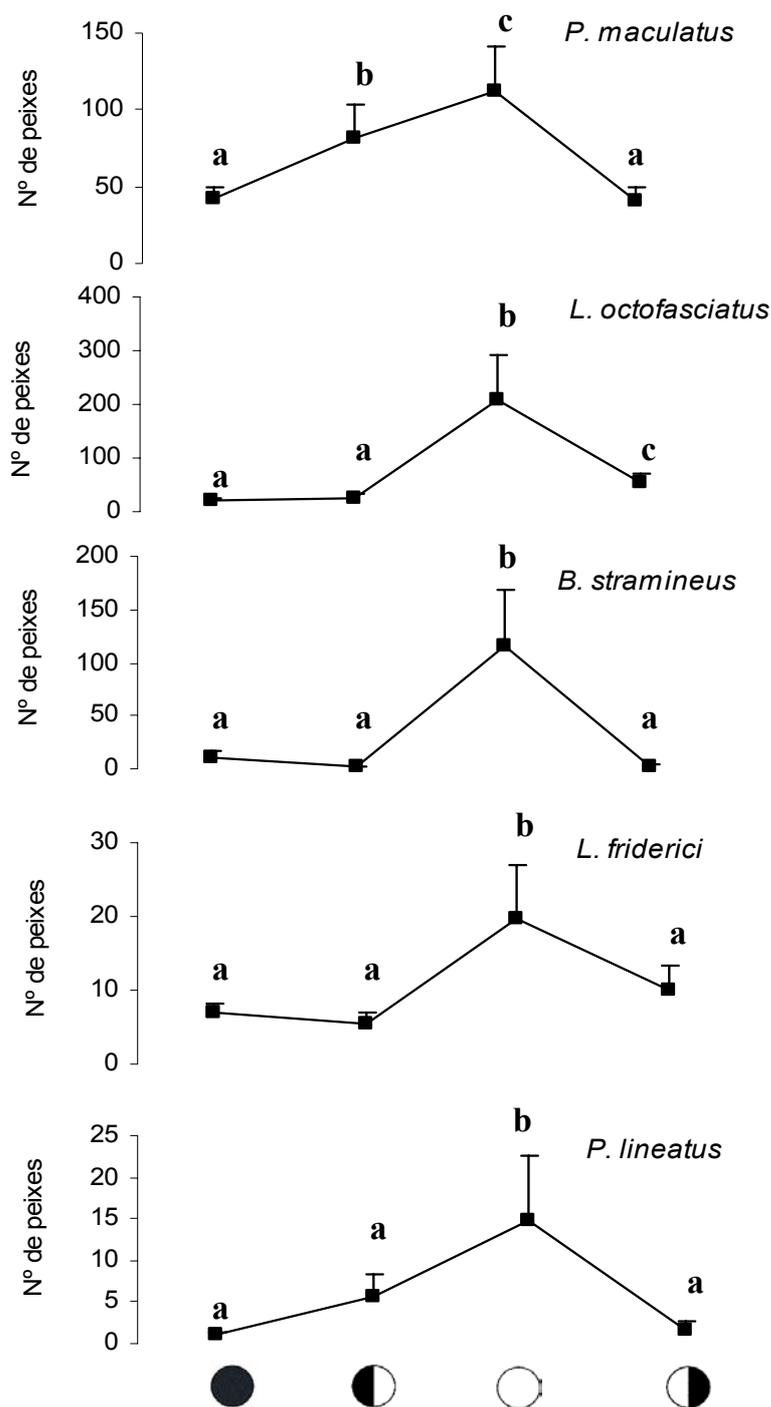


Figura 12. Número de espécies, por dia, (média \pm erro-padrão) registrado no visor da escada de Igarapava, no período de 1º de junho de 2003 a 31 de maio de 2004, por fases lunares. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as principais fases lunares: nova (●), quarto crescente (◐), cheia (○) e quarto minguante (◑) (Teste tipo Tukey, $p=0,05$).

4 DISCUSSÃO

O rio Grande, um dos formadores do rio Paraná, além de se situar numa das regiões mais importantes do país, do ponto de vista sócio-econômico, destaca-se pelo seu grande potencial energético (ANEEL, 2005; <<http://www.aneel.gov.br>>, acessado em dezembro de 2005) que está atualmente quase todo explorado. Embora, no passado, o rio Grande se destacasse nas pescas, tanto de lazer quanto comercial, a biologia de sua ictiofauna tem sido relativamente pouco estudada.

Existem mais de 50 escadas para peixes distribuídas nas bacias hidrográficas da América do Sul (Clay, 1995). Segundo Larinier (1998), as escadas têm a vantagem, se comparadas a outros mecanismos, de terem baixo custo de manutenção, além de não serem seletivas quanto às espécies de peixes que as utilizam. A escada da UHE-Igarapava foi a primeira do tipo ranhura vertical a entrar em operação no Brasil. Esta escada tem sido monitorada por técnicos, *in loco*, os quais registram as espécies que a utilizam no período de 8 às 16 h, cinco dias por semana. A instalação do sistema de vídeo-imagens permitiu estender-se o período de registro para as 24h do dia. Desse modo, foi possível constatar que o *Pimelodus maculatus* - a espécie mais abundante na escada (presente trabalho) – transita preferencialmente à noite.

O levantamento ictiofaunístico realizado por Vono et al. (1997) no trecho do rio Grande, antes da construção da barragem de Igarapava, revelou a presença de 53 espécies, das quais 10 são consideradas migradoras (Godoy, 1975; Lopes *et al.*, 2000; Meschiatti *et al.*, 2000; Agostinho *et al.*, 2003; Araújo-Lima & Ruffino, 2003). Destas migradoras, três não foram registradas na escada de Igarapava (presente trabalho): *Piaractus mesopotamicus*, *Pseudoplatystoma corruscans* e *Salminus maxillosus*. O migrador *Zungaro jahu* foi registrado na escada da UHE-Igarapava (Vono, 2005, comunicação pessoal), embora não foi visualizado no presente trabalho. Deve-se ressaltar a possibilidade de que outras espécies, migradoras ou não, possam ter trafegado na escada no período de estudo, pois 6,5% dos peixes observados não foram identificados nas fitas de vídeo.

Trechos lóticos remanescentes do rio Grande e de alguns de seus afluentes têm importante papel como locais de reprodução e, suas lagoas marginais, como áreas de crescimento de jovens, da ictiofauna migradora (Santos & Formagio, 2000). No trecho de apenas ~ 5 km de extensão, a montante do reservatório da UHE-Igarapava, em cuja extremidade se encontra a barragem da UHE-Jaguara, a ausência de planícies de inundação na área e o reduzido volume de seus principais afluentes impedem o recrutamento de *P. maculatus* e, possivelmente, de outros migradores (Godinho *et al.*, 2006, submetido).

O conhecimento dos deslocamentos dos peixes neotropicais é fundamental para a compreensão de seu ciclo de vida (Pompeu, 2005) e para a proposição de medidas de manejo e conservação da ictiofauna frente aos impactos antrópicos, tais como os barramentos hidroelétricos (Vazzoler & Menezes, 1992). Considera-se migração os movimentos alternados entre dois ou mais habitats, ocorrendo com periodicidade regular e envolvendo uma grande parte da população (Pompeu, 2005). O padrão de migração reprodutiva de peixes neotropicais apresenta variações significativas entre bacias e espécies (Petrere, 1985). Bonetto (1963), fundamentado em seus estudos de marcação de peixes no rio Paraná, Argentina, classificou a migração íctiica em: 1. reprodutiva, 2. térmica, 3. trófica ou nutricional, 4. crescimento e 5. migrações, que dependem de fenômenos especiais, como as originadas pelas variações nos níveis de água e correntezas. Embora o conhecimento atual sobre o tema não permita generalizações, no Sudeste do Brasil, a migração reprodutiva consiste no deslocamento dos peixes rio acima, em cardumes, em busca de sítio de desova. Nesta época, a temperatura da água é mais alta, as cheias provocam alterações nos parâmetros físico-químicos da água e os dias são mais longos (Ihering, 1938; Schubart, 1954; Godoy, 1975; Petrere, 1985).

É possível que o comportamento migratório entre as espécies ou populações possa ser desencadeado sob o efeito de diferentes estímulos ambientais ou mesmo pela combinação de dois

ou mais deles (Northcote, 1984). Associações acerca da migração da ictiofauna neotropical e maiores atividades reprodutivas durante as cheias, indicavam as chuvas como o principal fator desencadeante deste movimento (Vazzoler, 1996; Agostinho *et al.*, 2000). A reprodução está associada às elevações espasmódicas do nível da água, e os ovos, em geral de pequeno diâmetro, são carregados passivamente rio abaixo para áreas de inundação, onde completam os primeiros estágios de vida. (Agostinho *et al.*, 2003). Em estudo realizado no elevador para peixes da UHE-Santa Clara, no rio Mucuri, a precipitação pluviométrica contribui significativamente para a utilização deste mecanismo por algumas espécies de peixes, principalmente siluriformes (Pompeu & Martinez, 2005). Em afluentes do reservatório de Volta Grande, no rio Grande, a intensidade reprodutiva concentra-se principalmente, no verão, correspondente à estação chuvosa (Braga, 2001), similarmente ao que ocorre na bacia do Alto Paraná (Agostinho *et al.*, 2003) e no elevador de peixes de Yacyretá, no Alto Paraná (Oldani & Baigún, 2002). Tal condição explicaria o fato de o trânsito de peixes na escada da UHE-Igarapava ter sido acentuadamente maior no período de chuvas do que no período de seca.

Segundo Petrere (1985), as chuvas podem ser agentes secundários e os níveis d' água e vazão, associados à temperatura, seriam os principais fatores responsáveis pela migração ascendente de peixes (Schubart, 1943; Godoy, 1959; Vazzoler, 1996). Desta forma, para espécies que migram entre habitats de alimentação e de desova muito distantes uns dos outros, seu deslocamento iniciar-se-ia antes do período de chuvas. Assim, quando os níveis d' água se elevassem, em decorrência dessas chuvas, os peixes já estariam nos locais de desova ou próximos deles, prontos para a reprodução. Conseqüentemente, para esses peixes, os níveis d' água do rio não exerceriam influência no comportamento migratório. Para exemplificar, os curimbas podem realizar migrações de até 1.100 km à velocidade de cruzeiro de 12 km/dia (Godoy, 1959; 1975). Nesse caso, esses peixes iniciar-se-iam a migração reprodutiva cerca de 3 meses antes do período reprodutivo

(outubro a janeiro), portanto, em época anterior à das chuvas. Qual seria, então, o gatilho responsável pela migração de longa distância de curimbas? Elevações da temperatura, vazão e nível d' água do rio não poderiam ser consideradas como variáveis desencadeadoras da migração, face à época em que essa ocorre.

O fotoperíodo solar e a temperatura da água são fatores comumente indicados como indutores da migração de peixes de clima temperado (Smith, 1985; Svendsen *et al.*, 2004). Seriam os peixes neotropicais capazes de captar a mensagem do aumento da duração do dia que ocorre nessa região e transformá-lo em estímulo migratório e assim chegar a tempo no local de desova? Quanto aos peixes de migração de curta distância, seria o fotoperíodo também importante? Por estarem mais próximos de seus habitats de desova, esperariam a elevação do nível do rio para direcionarem-se para esses locais? Tal hipótese, porém, não fez parte do presente trabalho; seu teste deve ser proposto em estudos experimentais – de marcação no campo e de registro de laboratório.

É interessante notar que tanto espécies migradoras quanto não migradoras transitam na escada de peixes de Igarapava, tal como ocorre em outros mecanismos de transposição neotropicais (Godinho *et al.*, 1991; Agostinho *et al.*, 2002; Oldani & Baigún, 2002; Fernandez *et al.*, 2004; Pompeu & Martinez, 2005). Todavia, a maioria dos peixes que transitaram pela escada de Igarapava era migradora. Os peixes capturados na escada durante o período reprodutivo (Braga, 2001) encontram-se em atividade reprodutiva (Vono, 2005, comunicação pessoal), como é o caso específico do *P. maculatus* (Godinho *et al.*, 2006, submetido). A presença de espécies não migradoras na escada de Igarapava, especialmente *B. stramineus* e *Astyanax* spp. (as mais abundantes), pode ser creditada pela sua preferência por habitats em águas correntes (Fernandez *et al.*, 2004).

O comportamento migratório é justificado por fatores genéticos (Northcote, 1998) e controlado por fatores ambientais (Takemura *et al.*, 2004). Dentre os fatores ambientais, a

luminosidade tem participação importante na regulação dos movimentos circadianos (Prignon *et al.*, 1998), pois se sabe que, na sua ausência, a capacidade visual do peixe é reduzida, o que interfere na sua orientação (Kynard & O'Leary, 1993). Apesar de inúmeros estudos sobre padrões migratórios diários terem sido descritos para espécies norte-americanas e européias (Lucas & Baras, 2001), para os peixes neotropicais migradores, estes padrões não estão claros (Pompeu & Martinez, 2005).

O reconhecimento de padrões circadianos no deslocamento de peixes tem atraído o interesse de pesquisadores (Eriksson, 1978), em razão de sua importância ecológica e para o gerenciamento de mecanismos de transposição (Stuart & Mallen-Cooper, 1999; Oldani & Baigún, 2002; Pompeu & Martinez, 2005). Os ritmos circadianos de atividade locomotora têm sido identificados em peixes, podendo ser: diurnos, noturnos, crepusculares ou dualísticos (diurnos e noturnos), os quais podem se alterar em diferentes condições ambientais (ex.: épocas do ano e latitudes) e entre populações e indivíduos (Eriksson, 1978; Oldani & Baigún, 2002; Pompeu & Martinez, 2005). Graças às gravações feitas em fitas de vídeo, durante as 24 h / dia, pôde-se identificar, no presente trabalho, os padrões circadianos do trânsito de peixes na escada de Igarapava indicados a seguir: noturno: *P. maculatus*; diurno: *L. octofasciatus* e *B. stramineus* e dualístico: *L. friderici* e *P. lineatus*. Ressalte-se que as fases diurna e noturna do comportamento dualístico não se restringiram respectivamente às horas claras e escuras do dia, pois a transição de uma para a outra ocorreu gradativamente. Nesse caso, o aumento ou a diminuição da intensidade luminosa funcionaria como gatilho (sinal) para o início das atividades migratórias de peixes diurnos e noturnos, respectivamente (Müller, 1978).

A temperatura da água é um importante fator a ser considerado em sistemas de transposição de peixes (Jensen *et al.*, 1989; Stojic & Povz, 1994). A temperatura do rio Grande, em período anterior à instalação das barragens hidroelétricas de Porto Colômbia, Volta Grande (ambas a jusante de Igarapava) e de Igarapava, durante o verão, foi de 27,5 °C (Azevedo, 1965). No reservatório de

Volta Grande, a temperatura máxima registrada durante o ano foi elevada, situando-se acima de 30 °C (Braga, 2001), em cujo período ocorre aumento da captura de peixes (Braga & Gomiero, 1997). Em Igarapava, os números de peixes registrados em função da temperatura da água da escada tenderam a ser mais altos em temperaturas mais elevadas (25-30° C), o que corresponde aos valores de temperatura dados por Azevedo (1965) e Braga & Gomiero (1997). A correlação entre a passagem de peixes e temperaturas elevadas mostrou-se positiva, o que confirma a afirmativa de que o aumento da habilidade natatória dos peixes ocorre em águas quentes (Beamish, 1978; Videler, 1993; Ojanguren & Brana, 2000; Heggenes & Dokk, 2001).

Os ciclos lunares, cujos intervalos são de, aproximadamente, um mês, incluem fases da lua, o tempo de ascensão lunar, sua relação com o ciclo solar e sua movimentação no céu (Leatherland *et al.*, 1992). Correlações positivas entre alguns aspectos comportamentais cíclicos de animais marinhos e fases da lua têm sido reconhecidas há muitos anos, especialmente quanto à locomoção (migração) e à reprodução (Takemura *et al.*, 2004). A sincronização de tais comportamentos possivelmente apresenta vantagens adaptativas para sua maximização, cujo significado permanece, todavia, ainda largamente especulativo (Naylor, 2001) ou circunstancial (Takemura *et al.*, 2004). A iluminação lunar favoreceria a maturação gonadal, o encontro de parceiros sexuais e, conseqüentemente, o sucesso da desova; todavia, o modo de utilização de indícios ou “pistas” lunares está relacionado às estratégias reprodutivas de cada espécie (Takemura *et al.*, 2004).

Os níveis de melatonina, sintetizada pelos órgãos fotossensoriais – retina e glândula pineal – aumentam sob baixa luminosidade; assim, em dias de lua nova, quando a escuridão é maior, os peixes produzem mais melatonina, e na lua cheia, produzem menos, o que sugere que eles podem reconhecer as fases lunares via órgãos fotossensoriais (Rahman *et al.*, 2004). Em laboratório, alguns dos ritmos biológicos de periodicidades lunar ou semilunar (com duração de, aproximadamente, 14 dias, como as marés) podem ser expressos sob condições experimentais constantes, o que implica

que os ritmos dos peixes possuem componentes endógenos ou fisiológicos (“relógios biológicos”) (Naylor, 2001).

O estudo das relações entre migração e reprodução de peixes de água doce e fases da lua não tem despertado o mesmo interesse que é dado aos estudos de peixes marinhos. São poucas as publicações que tratam dos peixes de água doce, embora, tal como nos peixes marinhos, migração e reprodução são eventos reconhecidos por sua natureza cíclica e que, em determinadas circunstâncias, estão intimamente associados (Carolsfeld *et al.*, 2003). Desse modo, seria plausível supor que, direta ou indiretamente, as variações cíclicas da iluminação lunar poderiam influenciar a migração e a reprodução de peixes de água doce em seus mais diferentes habitats.

Uma das primeiras observações relativas à influência da lua sobre a reprodução de peixes neotropicais foi realizada com o curimbatá (*Prochilodus scrofa* = *P. lineatus*) do rio Mogi Guaçu, afluente do rio Grande (Schubart, 1954). Todavia, seus dados não suportam a conclusão de que as desovas desse peixe ocorrem sob a influência das fases da lua. Em estudo realizado no rio Pilcomayo, Bolívia e Argentina, Bayley (1973) mostrou que o número de *Prochilodus platensis*, em migração ascendente, aumentou significativamente na lua cheia, em comparação com as outras fases da lua, em capturas realizadas por meio de currais instalados em corredeiras do rio. Segundo esse autor, o aumento da luminosidade lunar na lua cheia, aparentemente, encorajou os peixes a aumentar sua migração durante esse período; ao contrário, a redução da luminosidade, durante as outras fases, levou-os à redução da migração. As “lufadas” constituem migrações laterais de peixes que deixam os lagos para entrar nos rios principais da região do Pantanal. Esses peixes se acumulam por algum tempo em grandes cardumes na desembocadura dos lagos, ao final da estação seca. No rio Cuiabá, esse fenômeno ocorre em abril-junho, geralmente durante a lua cheia (Petreire, 1989). As desovas dos ciclídeos *Neolamprologus moori* e *Lepidiolamprologus elongatus* do lago Tanganika, África, ocorrem durante a lua cheia, o que, segundo Rossiter (1991) *in* Takemura *et al.*

(2004), facilitaria o cuidado parental dos ovos contra predadores noturnos do lago. Gaudreau & Boisclair (2000) avaliaram a influência lunar sobre a migração horizontal do “dace” (*Phoxinus eos* × *Phoxinus neogaeus*) no pequeno lago Croche, Canadá. Os peixes desse lago migram do litoral para a zona pelágica, ao anoitecer, e retornam ao amanhecer; o número de “daces” que realizam migrações nas noites de lua nova foi oito vezes maior do que aqueles que migram nas noites de lua cheia; esses autores atribuíram esse achado ao efeito que a luz exerce na vulnerabilidade dos peixes aos seus predadores, em concordância com Luecke & Wurtsbaugh (1993). A migração reprodutiva dos “whitefishes” do rio Mekong, sudeste da Ásia está sob forte influência das fases da lua e ela ocorre apenas entre o quarto crescente e lua cheia. Assim, ondas de migração, com composição ictiofaunística variável, ocorrem a cada mês (Welcomme, 1985).

Os peixes de água doce de diferentes regiões do mundo sofrem influência lunar em seus deslocamentos. Ao contrário do que ocorre com peixes marinhos, para os quais se têm registros de migração e reprodução em diferentes fases da lua (Takemura *et al.*, 2004), nos trópicos, os deslocamentos aparentemente ocorrem durante a lua cheia (Bayley, 1973; Petrere, 1989) – assim como observado na escada de Igarapava. As atividades de peixes marinhos relacionadas às marés, como alimentação e dispersão larval, não se aplicam aos peixes de águas fluviais interiores do Sudeste do Brasil; nesse caso, esses peixes utilizam-se de outras estratégias, as quais poderiam estar ou não associadas às fases lunares. Nossos resultados mostraram que, pelo menos no que diz respeito às espécies mais abundantes, a lua cheia coincidiu com o deslocamento de maior número de peixes na escada. Quais seriam as vantagens obtidas pelos peixes para aumentar seu trânsito na escada na lua cheia? Com exceção dos dados relativos à variações de produção de melatonina durante as fases da lua (Rahman *et al.*, 2004), as relações entre deslocamento de peixes e fases da lua permanecem ainda especulativas (Naylor, 2001) ou circunstanciais (Takemura *et al.*, 2004).

O nível d'água é um dos parâmetros hidrológicos utilizados para avaliar a funcionalidade e a eficiência de sistemas de transposição de peixes (Travade & Larinier, 2002). A prática de se incorporarem características hidrológicas que possam afetar a passagem de peixes tem-se tornado comum em projetos de escadas de peixes (Mallen-Cooper, 1992, Pompeu & Martinez, 2005). Um estudo avaliativo da ascensão de peixes na escada experimental de Itaipu, no Alto Paraná, detectou influência significativa da temperatura da água e da vazão turbinada nos movimentos destes peixes (Fernandez, 2000). A passagem de maior diversidade de espécies de peixes quando os fluxos de água na escada estão baixos é atribuída às baixas velocidades e turbulências desta água (Stuart & Berghuis, 2002). Os números de salmão e de truta-do-mar que passam por uma escada de peixes na Finlândia, avaliados segundo o fluxo do rio e os níveis de entrada e de saída da escada, mostrou que a influência dessas variáveis altera-se conforme a espécie. A passagem de salmões correlaciona-se positivamente com as variações do nível de entrada; por outro lado, para truta-do-mar, o fluxo do rio e temperatura parecem ser mais importantes do que os níveis d'água (Laine *et al.*, 2002). Em Igarapava, correlações entre o número de peixes que passaram por dia no visor da escada e os níveis d'água, a montante e a jusante da escada, e a vazão turbinada, embora baixas, foram significativas, sugerindo uma certa influência destes níveis no trânsito dos peixes (presente trabalho).

5 CONCLUSÕES

Tanto peixes migradores como não migradores transitaram na escada de peixes de Igarapava, tal como ocorre em outros mecanismos de transposição neotropicais. No entanto, dentre esses peixes, a maior parte foi de peixes migradores, com o *P. maculatus*, destacando-se como a espécie mais abundante na escada. A presença de espécies não migradoras na escada de Igarapava, especialmente *B. stramineus* e *Astyanax* spp. (as mais abundantes), pode ser creditada por habitarem águas correntes. Deve-se ressaltar a possibilidade de que outras espécies, migradoras ou não, possam ter trafegado na escada no período de estudo, pois 6,5% dos peixes não foram identificados nas fitas de vídeo. O trânsito de peixes foi acentuadamente maior no período chuvoso, de outubro a março, do que no período de seca, de abril a setembro. Puderam-se identificar diferentes padrões circadianos do trânsito dos peixes na escada de Igarapava, sendo: noturno - *P. maculatus*, diurno - *L. octofasciatus* e *B. stramineus* e dualístico - *L. friderici* e *P. lineatus*. O trânsito de peixes tendeu, significativamente, a ser mais alto em temperaturas mais elevadas, entre 25-30 °C. A fase da lua cheia coincidiu com o deslocamento de maior número de peixes na escada, embora relações entre este deslocamento e fases da lua permaneçam ainda especulativas ou circunstanciais. Correlações entre o número de peixes que passaram por dia no visor da escada e os níveis d'água, a montante e a jusante da escada, e a vazão turbinada, embora baixas, foram significativas, sugerindo uma certa influência desses níveis no trânsito dos peixes. Destaque-se o ineditismo deste trabalho no que se refere à avaliação do trânsito de peixes em escadas brasileiras utilizando-se o sistema de vídeo-imagens. Tal metodologia foi fundamental para o registro das espécies que transitaram na escada durante as 24 h do dia. Graças a ela, pôde-se registrar a passagem de peixes à noite, em especial do *Pimelodus maculatus*. Finalmente, o monitoramento da passagem de peixes na escada de Igarapava através de vídeo-imagens permitirá, no futuro, a elaboração de sua regra operativa capaz de otimizar seu funcionamento.

6 REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M., Minte-Vera, C. & Winemiller, K. O. 2000. Biodiversity in the High Paraná River floodplain. In: B. Gopal; W. J. Junk; J. A. Davis (eds). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. New Delhi: School of Environmental Sciences Jawaharlal Nehru University. v. 1, 89-118.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Fernandez, D. R. & Suzuki, H. L. 2002. Efficiency of fish ladders for Neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* 18: 299-306.
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Suzuki, H. I. & Júlio Jr, H. F. 2003. Migratory fishes of the upper Paraná river basin, Brazil. In: Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C. & Baer, A. (org.). *Migratory fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. ed. Victoria: 19-98.
- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M. & Gomes, L. C. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology* 19: 646-652.
- ANEEL 2005. Site da Aneel, disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>; acessado em dezembro de 2005.
- Araújo-Lima, C. A. R. M. & Ruffino, M. L. 2003. Migratory fishes of the Brazilian Amazon. In: Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C. & Baer, A. (org.). *Migratory fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. ed. Victoria: 233-301.
- Azevedo, P. 1965. Do rio Grande e sua fauna à barragem de Furnas e suas conseqüências. *Anais do II Congresso Latino-Americano de Zoologia*.
- Bayley, P. B. 1973. Studies on the migratory characin, *Prochilodus platensis* Holmberg 1889, (Pisces, Characoidei) in the river Pilcomayo, South America. *Journal of Fish Biology* 5: 25-40.
- Beamish, F. W. H. 1978. Swimming capacity. In: Hoar, W. S. & Randall, D. J. [ed.] *Fish Physiology* 7: 101-187. Academic Press, New York, San Francisco, London.

- Braga, F. M. S. & Gomiero, L. M. 1997. Análise da pesca experimental realizada no reservatório de Volta Grande, rio Grande (MG - SP). Boletim do Instituto da Pesca, São Paulo 24: 131-138.
- Braga, F. M. S. 2001. Reprodução de peixes (Osteichthyes) em afluentes do reservatório de Volta Grande, rio Grande, sudeste do Brasil. Iheringia: 67-74.
- Bonetto, A.A. 1963 Investigaciones sobre migraciones de peces en los ríos de la cuenca del Plata. Cienc.Invest.B.Aires 19 (1-2):12-26.
- Bowen, M. D., Marques, S., Silva, L. G. M., Vono, V. & Godinho, H. P. 2005. Comparing on site human and video counts at Igarapava fish ladder, Southeastern Brazil. Neotropical Ictyology. (no prelo).
- Buckup, P. A. & Menezes, N. A. 2003. Catálogo dos peixes marinho e de água doce do Brazil (in Portuguese). 2 nd edition. Museu Nacional, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.mnrj.ufrj.br/catalogo/>>; acessado em março de 2004.
- Carolsfeld, H., Harvey, B., Ross, C. & Baer, A. 2003. Migratory fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status. Victoria: 372 pp.
- Castro, R. M. C., Casatti, L., Santos, H. F., Melo, A. L. A., Martins, L. S. F., Ferreira, K. M., Gibran, F. Z., Benine, R. C., Carvalho, M., Ribeiro, A. C., Abreu, T. X., Bockmann, F. A., Pelicão, G. Z., Stopiglia, R. & Langeani, F. 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Biota Neotropica 4 (1): 3-39.
- Castro-Santos, T., Haro, A. & Walk, S. 1996. A passive integrated transponder (PIT) tag system for monitoring fishways. Fisheries Research 28: 253-261.
- CEMIG. 2005. Site da Companhia Energética de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>; acessado em novembro de 2005.

- Centro de Astrofísica da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.fisica.ufmg.br/~astrof/>>; acessado em fevereiro de 2006.
- Clay, C. H. 1995. Design of fishways and other fish facilities. CRC Press, Boca Raton, Florida., 2nd. edition.
- Eriksson, L. O. 1978. Nocturnalism versus diurnalism; dualisms within fish individuals. In: Thorpe, J. E. Rhythmic activity of fishes. 312 pp., Academic Press, New York: 69-89.
- Fernandez, D. R. 2000. Grau de seletividade da escada de peixes do projeto experimental canal de migração da Itaipu binacional. Tese de doutorado, UFPR. 68pp.
- Fernandez, D. R., Agostinho, A. A. & Bini, L. M. 2004. Selection of an experimental fish ladder located at the dam of Itaipu Binacional, Paraná river, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47: 579-586.
- Gaudreau, N. & Boisclair, D. 2000. Influence of moon phase on acoustic estimates of the abundance of fish performing daily horizontal migration in a small oligotrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (3): 581-590.
- Godinho, A. L., Vieira, F., Alves, C. B. M., Santos, G. B., Godinho, H. P., Dergam, J. A., Freitas, J. R., Araújo, M. A. R., Andrade, M. O. T., Barbosa, N. D. C., Pompeu, P. S., Torquato, V. & Vono, V. 1998. Peixes. In: Biodiversidade em Minas Gerais. Um Atlas para sua Conservação. Fundação Biodiversitas: 44-46.
- Godinho, H. P., Godinho, A. L., Formagio, P. S. & Torquato, V. C. 1991. Fish ladder efficiency in a Southeastern Brazilian river. *Ciência e Cultura* 43: 63-67.
- Godinho, H. P. 1998. Fisheries management and conservation in southeastern Brazil: current status and needs. In: Action before extinction: an international conference on conservation of fish genetic diversity. Harvey, B., C. Ross, D. Greer, and J. Carolsfeld (eds.). World Fisheries Trust, Victoria, BC, Canada: 187-203.

- Godinho, H. P., Maia, B. P., Franco, S. M., Bizzotto, P. M. 2006. Reproduction and recruitment of the catfish yellow-mandi in a reservoir cascade (SE, Brazil). Programa de Pós-graduação em Zoologia de Vertebrados da PUC Minas. hgodinho@pucminas.br (submetido).
- Godoy, M. P. 1959. Age, growth, sexual maturity, behaviour, migration, tagging and transplantation of the curimatá (*Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881) of the Mogi Guaçu river, São Paulo state, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciência* 31:447-77.
- Godoy, M. P. 1975. Peixes do Brasil (subordem Characoidei). 4, Piracicaba: Franciscana.
- Gowans, A. R. D., Armstrong, J. D. & Priede, I. G. 1999. Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology* 54: 713-726.
- Haro, A. & Kynard, B. 1997. Video evaluation of passage efficiency of American shad and sea lamprey in a modified ice harbor fishway. *North American Journal of Fisheries Management* 17: 981-987.
- Haro, A., Odeh, M., Castro-Santos, T. & Noreika, J. 1999. Effect of slope and headpond on passage of American shad and blueback herring through simple denil and deepened Alaska steep pass fishways. *North American Journal of Fisheries Management* 19: 51-58.
- Hatch, D. R., Schwartzberg, M. & Mundy, P. R. 1994. Estimation of Pacific salmon escapement with a time-lapse video recording technique. *North American Journal of Fisheries Management* 14: 626-635.
- Heggenes, J. & Dokk, J. G. 2001. Contrasting temperature, waterflows, and light: seasonal habitat selection by young Atlantic salmon and brown trout in a boreonemoral river. *Regulated Rivers: research & Management*. 17 (6): 623-635.
- Hiebert, S., Helfrich, L. A., Weigmann, D. L. & Liston, C. 2000. Anadromous salmonids passage and video image quality under infrared and visible light at Prosser dam, Yakima river, Washington. *North American Journal of Fisheries Management* 20: 827-832.

- Horváth, E. & Municio, M. A. T. 1998. Impacts of dams on fish fauna. Feasibility of mitigation measures. 2nd Int. PhD Symposium in Civil Engineering in Budapest.
- Ihering, R. 1938. Piracema – a desova dos peixes. Folhas de Piscicultura II, 17-19.
- Jensen, A. L., Johnsen, B. O. & Hansen, L. P. 1989. Effect of river flow and water temperature on the upstream migration of adult Atlantic salmon *Salmo salar* L. in the river Vefsna, Northern Norway. In Salmonid Migration and Distribution Symposium. Brannon, E. & Jonsson, B (eds.): 140-146. Seattle: School of Fisheries, University of Washington.
- Karr, J. R. 1993. Protecting ecological integrity: an urgent societal goal. Yale Journal International Law 18: 297-306.
- Kynard, B. & O'Leary, J. 1993. Evaluation of bypass system for spent American shad at Holyoke dam, Massachusetts. North American Journal of Fisheries Management 13: 782-789.
- Laine, A., Jokivirta, T. & Katopodis, C. 2002. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *Salmo trutta* L., passage in a regulated Northern river - fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. Fisheries Management and Ecology 9: 65-77.
- Larinier, M. 1998. Upstream and downstream fish passage experience in France. In: Jungwirth, M.; Schmutz, S.; Weiss, S. Fish migration and fish bypasses. Fishing News Books, 127-145.
- Leatherland, J. F., Farbridge, K. J. & Boujard, T. 1992. Lunar and semi-lunar rhythms in fishes. In: Rhythms in fishes (ed.). Plenum Press, New York
- Lopes, C. de A., Benedito-Cecilio, E. & Agostinho, A. A. 2000. The reproductive strategy of *Leporinus friderici* (Characiformes, Anostomidae) in the Paraná river basin: the effect of reservoirs. Revista Brasileira de Biologia. 60 (2): 255-266.
- Lucas, M. C. & Baras, E. 2001. Migration of freshwater fishes. Bodmin, UK. Blackwell Science. 420pp.

- Luecke, C. & Wurtsbaugh, W. A. 1993. Effects of moonlight and daylight on hydroacoustic estimates of pelagic fish abundance. *Transactions of the American Fisheries Society* 122: 112-120.
- Mallen-Cooper, M. 1992. Swimming ability of juvenile Australian bass, *Macquaria-Novemaculeata* (Steindachner), and juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), in an experimental vertical-slot fishway. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 43: 823-837.
- Meschiatti, A. J., Arcifa, M. S. & Fenerich-Verani, N. 2000. Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Environmental Biology of Fishes* 58: 133-143.
- Minas Gerais, 1997. Lei nº 12.488, de 09 de abril de 1997. Torna obrigatória a construção de escadas para peixes de piracema em barragem edificada no estado. Minas Gerais, Órgão oficial dos Poderes do estado, Belo Horizonte, 10 de abril de 1997.
- Müller, K. 1978. The flexibility of the circadian system of fish at different latitudes. In: Thorpe, J. E. *Rhythmic activity of fishes*. 312 pp., Academic Press. New York: 91-104.
- Naylor, E. 2001. Marine animal behaviour in relation to lunar phase. *Earth, Moon and Planets* 85-86: 291-302.
- Northcote, T. G. 1984. Mechanisms of fish migration in rivers. In: McCleave, J. D., Arnold, J. P., Dodson, J. J. & Neil, W. H. (eds) *Mechanisms of migration in fishes*: 317-355. Plenum Press, New York and London.
- Northcote, T. G. 1998. Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. In: Jungwirth, M.; Schmutz, S.; Weiss, S. *Fish migration and fish bypasses*. Fishing News Books: 3-18.
- Ojanguren, A. F. & Brana, F. 2000. Thermal dependence of swimming endurance in juvenile brown trout. *Journal of Fish Biology* 56: 1342-1347.

- Oldani, N. O. & Baigún, C. R. M. 2002. Performance of fisways system in a major South American dam on the Paraná river (Argentina-Paraguay). *River Research and Applications* 18: 171-183.
- Petrere, M. 1985. Migraciones de peces de agua dulce en America latina: algunos comentarios. COPESCAL, FAO, Rome, DOC. Ocas. 1.
- Petrere, M. 1989. River fisheries in Brazil: a review. *Regulated Rivers: Research & Management*. 4 (1): 1-16.
- Pompeu, P. S. 2005. Estudo da regra operativa e avaliação de um mecanismo de transposição de peixes do tipo elevador com caminhão-tanque, Belo Horizonte, UFMG, 190pp. Tese (Programa de Doutorado em Meio ambiente, Recursos Hídricos e Sanitários).
- Pompeu, P. S & Martinez, C. B. 2005. Estabelecimento da regra operativa de um mecanismo de transposição de peixes do tipo elevador com caminhão-tanque. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 10 (4): 31-42.
- Prignon, C., Micha, J. C. & Gillet, A. 1998. Biological and environmental characteristics of fish passage at the Tailfer dam on the Meuse river, Belgium. In: Jungwirth, M.; Schmutz, S.; Weiss, S. *Fish migration and fish bypasses*. Fishing News Books: 69-84.
- Rahman, M. S., Byung-Ho, K., Takemura, A., Chang-Bum, P. & Lee, Y. 2004. Influence of light-dark and lunar cycles on the ocular melatonin rhythms in the seagrass rabbitfish, a lunar-synchronized spawner. *Journal of Pineal Research* 37: 122-128.
- Rossiter, A. 1991. Lunar spawning synchronicity in a freshwater fish. *Naturwissenschaften* 78: 182-184. In: Takemura, A., Saydar-Rahman, M. S., Nakamura, S., Ju-Park, Y., Takano, K. 2004. *Lunar cycles and reproductive activity in reef fishes with particular attention to rabbitfishes*. Fish and Fisheries, 2004.

- Santos, G. B. & Formagio, P. S. 2000. Estrutura da ictiofauna dos reservatórios do rio Grande, com ênfase no estabelecimento de peixes piscívoros exóticos. Informe Agropecuário, 21, Belo Horizonte: 98-106.
- SAS Statistical Software, 1999. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schubart, O. 1954. A piracema no rio Mogi Guaçu (Estado de São Paulo). Dusenia 5: 49-59.
- Schubart, O. 1943. A pesca na Cachoeira das Emas durante a piracema de 1942-43. Rev.Ind.Anim., São Paulo. 6:95-116.
- Schwalme, K., Mackay, W. C. & Lindner, D. 1985. Suitability of vertical slot and denil fishways for passing north-temperate, non-salmonid fish. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 1815-1822.
- Sistema de Metereologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.singe.mg.gov.br>>; acessado em março de 2006.
- Smith, R. J. F. 1985. The control of fish migration. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 243 pp.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995. Biometry. 3rd. ed. New York: Freeman.
- Stojic, Z. & Povz, M. 1994. Fish facilities for dammed streams. Commission Internationale Des Grands Barrages, Durban: 143-151.
- Stuart, I. G. & Mallen-Cooper, M. 1999. An assessment of the effectiveness of a vertical-slot fishway for non-salmonid fish at a tidal barrier on a large tropical/subtropical river. Regulated Rivers: Research & Management 15: 575-590.
- Stuart, I. G. & Berghuis, A. P. 2002. Upstream passage of fish through a vertical-slot fishway in an Australian Subtropical river. Fisheries Management and Ecology 9: 111-122.

- Svendsen, J. C., Koed, A. & Aarestrup, K. 2004. Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout. *Journal of Fish Biology* 64: 528-540.
- Takemura, A., Saydar-Rahman, M. S., Nakamura, S., Ju-Park, Y. & Takano, K. 2004. Lunar cycles and reproductive activity in reef fish with particular attention to rabbitfishes. *Fish and Fisheries* 5: 317-328.
- Travade, F. & Larinier, M. 2002. Monitoring techniques for fishways. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Piscicultura*: 166-180.
- Trudel, M. & Boisclair, D. 1994. Seasonal consumption of dace (*Phoxinus eos x P. neogaeus*): a comparison between field and bioenergetic model estimates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2558-2567.
- Vazzoler, A. E. A. de M. & Menezes, N. A. 1992. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysii). *Revista Brasileira de Biologia* 52: 627-640.
- Vazzoler, A. E. M. de M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá, EDUEM, 169 pp.
- Videler, J. J. 1993. *Fish swimming*. London: Chapman and may.
- Vono, V., Alves, C. B. M. & Magalhães, A. L. B. 1997. A ictiofauna dos cursos d'água tributários do reservatório da futura UHE-Igarapava - Rio Grande. *Acta Limnologica Brasiliensia* 9: 33-43.
- Vono, V., Bizzotto, P. M., Cunha, V. M., Godinho, H. P., Godinho, A. & Kynard, B. 2004. Fish passage at the Igarapava fish ladder, river Grande, Brazil. In: VI International Congress on the Biology of fish, Manaus, A. M. Resumos.
- Vono, V. 2005. Centro de Transposição de Peixes da UFMG. lagovono@dedalus.lcc.ufmg.br. comunicação pessoal.

Wardle, C. S. & Hall, C. D. 1994. Marine video. In: Video Techniques in Animal Ecology and Behaviour (ed. S.D. Wratten). Chapman and Hall, London: 89-111.

Welcomme, R. L. 1985. River fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. 262, 329 pp.

Zar. 1998. Biostatistical analysis, 3rd edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.