

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

INFLUÊNCIA DA HIDROELÉTRICA DE
TUCURUÍ SOBRE ASPECTOS DA BIOLOGIA
POPULACIONAL DE PEIXES DETRITÍVOROS
DO RIO TOCANTINS (PA – BRASIL)

Fábio Alexandre Travassos
Oceanógrafo

Jaboticabal – São Paulo
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

INFLUÊNCIA DA HIDROELÉTRICA DE
TUCURUÍ SOBRE ASPECTOS DA BIOLOGIA
POPULACIONAL DE PEIXES DETRITÍVOROS
DO RIO TOCANTINS (PA – BRASIL)

Oc. Fábio Alexandre Travassos
Mestrando

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Ricardo Batlouni
Orientador: Prof. Dr. Edmir Daniel Carvalho
Coorientador: Prof. Dr. Igor Paiva Ramos

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Aquicultura
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Aquicultura.

Jaboticabal – São Paulo
2014

T779i Travassos, Fábio Alexandre
Influência da Hidroelétrica de Tucuruí sobre aspectos
da biologia populacional de peixes detritívoros do rio
Tocantins (PA – Brasil) / Fábio Alexandre Travassos. – –
Jaboticabal, 2014
x, 30p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
Paulista, Centro de Aquicultura, 2014
Orientador: Sérgio Ricardo Batlouni
Orientador: Edmir Daniel Carvalho
Coorientador: Igor Paiva Ramos
Banca examinadora: Gianmarco Silva David, Sandro
Geraldo de Castro Britto
Bibliografia

1. Relação peso/comprimento. 2. Fator de condição. 3.
Proporção sexual. I.Título. II.Jaboticabal - Centro de
Aquicultura da UNESP.

CDU 639.3.05

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de
Jaboticabal.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é uma tarefa sempre prazerosa, mas de certa forma injusta. Injusta por não poder nomear aqui, todas aquelas pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho; e prazerosa por permitir que eu refaça, mentalmente, toda minha jornada e relembre da ajuda e apoio dessas pessoas tão importantes pra a minha chegada nessa etapa.

A Deus pela força disponibilizada nos momentos mais difíceis da minha vida e por me fazer acreditar que sou capaz de tudo, basta, nele confiar, pois ELE É FIEL !!!

Ao meu atual orientador Professor Dr. Sergio Ricardo Batlouni, pela confiança e respeito em assumir a orientação do trabalho devido às circunstâncias.

Ao meu coorientador Professor Dr. Igor Paiva Ramos, verdadeiro “Mestre”, que teve extrema paciência no empenho na nova linha de pesquisa e orientação emérita.

Ao Prof. Dr. Gianmarco Silva David como “coorientador” e profissional extremamente competente, sendo crítico nas sugestões e estas que se tornaram muito valiosas na minha formação acadêmica.

Ao Professor Edmir Daniel Carvalho, *in memoriam* ... Deus ilumine seu caminho...

A ELETRONORTE/ELETROBRÁS pelo apoio na concessão dos dados.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO e PROFESSORES da CAUNESP.

Aos amigos da secretária da CAUNESP, D. Vera e Sr. David, pelo apoio.

A minha esposa Márcia Travassos por todos os caminhos já percorridos e “indivisíveis”.

Aos meus queridos filhos Guilherme Travassos e Isabella Travassos. Dedico a vocês por serem a minha razão de viver.

A todos meus FAMILIARES pelo carinho e apoio, especialmente aos meus Pais, Luiz Carlos e Eliane.

Aos amigos Gustavo Claudiano e Jefferson Yunnis, bem como os piauienses Gabriel e Tiago, que me apoiaram nas estadias em Jaboticabal.

Aos amigos da CAUNESP.

A TODOS... MUITO OBRIGADO !!!

“Se qualquer homem formar na mente uma imagem do que quer fazer e sustentar essa imagem mental, o Pastor de Deus a desenvolverá e fará acontecer.”

Henry Thoreau

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
<i>Histórico – Ictiofauna / Reservatório de Tucuruí</i>	8
<i>Impactos de represamentos</i>	9
<i>Seleção e caracterização morfológica das espécies</i>	12
MATERIAIS E MÉTODOS	14
<i>Área de estudo</i>	14
<i>Procedimentos em campo e laboratório</i>	15
<i>Análise dos dados</i>	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
<i>Relação peso/comprimento</i>	18
<i>Fator de condição</i>	21
<i>Proporção sexual</i>	24
CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

RESUMO

O objetivo deste trabalho é verificar a influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE Tucuruí), Estado do Pará, Brasil, sobre as espécies de peixe *Curimata acutirostris*, *Curimata inornata*, *Curimata vitatta* e *Psectrogaster amazonica*, analisando a relação entre o peso corporal e o comprimento corporal padrão, permitindo calcular o fator de condição. Nas análises também foram verificadas as proporções sexuais entre os indivíduos. Os dados provêm de pescarias experimentais realizadas pelo Programa de Pesca e Ictiofauna da ELETRONORTE/ELETROBRÁS, tendo sido capturados entre as quatro espécies estudadas, 3.076 indivíduos na área jusante do reservatório, enquanto que na área montante capturou-se 2.936 indivíduos. Como resultados ficaram constatados que foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre montante e jusante, para as quatro espécies, quanto ao comprimento padrão e peso total, sendo que os maiores valores foram sempre observados a jusante. O fator de condição, para a *C. inornata*, *C. inornata* e *P. amazonica*, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre montante e jusante, sendo que os maiores valores foram sempre observados a jusante. Para a *C. vitatta*, também houve diferença, mas a mediana do valor foi maior a montante da usina. Para a região de montante da usina, as espécies *C. inornata*, *C. vitatta* e *P. amazonica* apresentaram o crescimento na relação peso/comprimento tipo alométrico positivo, no entanto, para a *C. acutirostris* o crescimento foi alométrico negativo. Na região de jusante, as espécies *C. acutirostris*, *C. inornata* e *P. amazonica* tiveram a relação de crescimento tipo alométrico negativo, sendo que apenas a *C. vitatta* teve outro crescimento, isométrico. Para as quatro espécies estudadas, a ocorrência de fêmeas nos trechos de influência do barramento foi maior. Os resultados apresentados demonstram claramente que as condições ambientais a jusante são de maneira geral são mais favoráveis a sobrevivência das espécies estudadas do que a montante do reservatório de Tucuruí.

Palavras-chave: *Curimata acutirostris*; *Curimata inornata*; *Curimata vitatta*; *Psectrogaster amazonica*; fator de condição; proporção sexual, relação peso/comprimento.

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the influence of Hydroelectric Power Plant of Tucuruí (HPP Tucuruí), state of Pará, Brazil, on the species of fish *Curimata acutirostris*, *Curimata inornata*, *Curimata vitatta*, *Psectrogaster amazonica* and examining the weight-length relationships, allowing one to calculate the condition factor. The analyzes also the sex ratio were observed among individuals. The data comes from experimental fisheries conducted by the Program of Fisheries and Ichthyofauna ELETRONORTE/ELETROBRÁS, having been captured among the four studied species, 3,076 individuals in the downstream area of the reservoir, while the area upstream was captured 2,936 individuals. As results were observed that significant differences ($p < 0.05$) were found between the upstream and downstream for the four species, as the standard length and total weight, with the highest values were always observed downstream. The condition factor for *C. inornata*, *C. inornata* and *P. amazonica*, significant differences ($p < 0.05$) were found between the upstream and downstream, and the highest values were always observed downstream. To *C. vitatta* also was no difference, but the median value is more in upstream of the plant. For the region upstream of the plant, the species *C. inornata*, *C. vitatta* and *P. amazonica* showed the increase in weight-length relationships positive allometric, however, to *C. acutirostris* allometric growth was negative. In the downstream region, the species *C. acutirostris*, *C. inornata* and *P. amazonica* had showed negative allometric growth, with only a *C. vitatta* had another growth isometric. For the four species studied, the occurrence of females in snippets of influence was higher. The results presented clearly demonstrate that environmental conditions downstream are generally are more favorable survival of the species studied than the amount of the Tucuruí reservoir.

Key words: *Curimata acutirostris*; *Curimata inornata*; *Curimata vitatta*; *Psectrogaster amazonica*; condition factor; sex ratio; weight-length relationships.

INTRODUÇÃO

Histórico – Ictiofauna / Reservatório de Tucuruí

Historicamente, segundo o “Catálogo dos Peixes Comerciais do Baixo Tocantins” a ictiofauna dos rios Araguaia-Tocantins, em período anterior ao represamento, apresentava ictiofauna composta por aproximadamente 300 espécies, pertencentes a 126 gêneros e 34 famílias, com predominância das ordens Characiformes, Siluriformes (Santos *et al.*, 1984), como o padrão observado para rios sul-americanos (Lowe-McConnell, 1999). Assim, a região era caracterizada por uma ictiofauna diversa e equilibrada, apesar da exploração intensiva (Santos e Merona, 1996). Tal comunidade de peixes apresentava-se estruturada troficamente em cinco categorias: piscívoros, carnívoros, onívoros, herbívoros e detritívoros, sendo que esta classificação considerava características de ambientes naturais, embora tenham sido observadas diferenças nas proporções entre os trechos e os ambientes estudados (Eletronorte, 1989). Assim sendo, apesar da grande riqueza, poucas espécies foram estudadas quanto aos aspectos biológicos e pesqueiros.

Após 20 anos do enchimento do reservatório de Tucuruí, o inventário ictiofaunístico referente ao período compreendido entre 1999 e 2003 apresentou 217 espécies pertencentes a 13 ordens e 42 famílias (Santos *et. al.*, 2004). Desta forma, verifica-se que a instalação da hidrelétrica modificou as condições ambientais acentuadamente e as comunidades de peixes da área foram alteradas, sendo também observadas alterações sobre a atividade e a produção pesqueira (Santos e Merona, 1996).

Desta maneira, dos impactos antrópicos produzidos no baixo rio Tocantins, a construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE Tucuruí), construída pela empresa Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A – ELETRONORTE/ELETROBRÁS, na década de 1980, pode ser considerado um dos maiores para este ecossistema. Tal empreendimento hidroelétrico objetivou suprir a demanda energética de grandes projetos de produção, estimular a industrialização, bem como produzir energia para contribuir com o abastecimento nacional (Santos *et al.*, 2004).

Impactos de represamentos

O barramento de um rio altera severamente a hidrologia local, transformando o ecossistema aquático lótico para uma condição lântica ou semilântica. Desta forma, as condições químicas e físicas da água são modificadas, assim como a qualidade e a quantidade de habitats para a fauna e flora aquáticos. Assim, ocorre a formação de um novo ambiente, com a criação de novos habitats e a perda de outros, alterando consideravelmente o ecossistema aquático (Agostinho *et al.*, 2007).

As características hidrológicas de um rio modelam os componentes físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas fluviais (Petts, 1984c). Assim, a velocidade da água, variabilidade na descarga em diferentes escalas temporais, frequência de vazões extremas, exercem um controle fundamental sobre a natureza dos habitats e dos organismos existentes (Neiff, 1990). Em sistemas naturais, onde as comunidades presentes são resultantes de um longo processo evolutivo, as espécies têm seus ciclos de vida fortemente associados à dinâmica do regime hidrológico (Junk *et al.*, 1989; Neiff, 1990). Neste sentido, após o represamento, a ictiofauna que se estabelece primariamente é dependente da fauna preexistente na região alagada. As adaptações e particularidades de cada espécie determinarão quais espécies terão sucesso na exploração de novos habitats e quais terão suas populações diminuídas, podendo inclusive serem mesmo extintas localmente (Agostinho *et al.*, 2007).

Ainda, outro efeito da construção de barramentos são as oscilações do nível da água. Neste sentido, períodos de cheia estão associados a uma maior disponibilidade de refúgio, alimento e abrigo, ao contrário do período de depleção, no qual também resulta em prejuízos potenciais pela exposição de ovos e larvas de peixes ao dessecação (Savino e Stein, 1982; Mckinney *et al.*, 1999).

Os impactos dos represamentos são em geral, menos pronunciados nos segmentos de rio acima dos reservatórios. Entretanto, a troca de indivíduos entre populações de uma região é importante para manter suas estruturas genéticas, especialmente quando existem populações mais isoladas. Desta forma, a fragmentação de habitats, fato inevitável nos represamentos, leva à formação de subpopulações não naturais, acelerando a perda da heterogeneidade genética (Hedrick e Gilpin, 1997c; Agostinho *et al.*, 2003c). Conforme Agostinho *et al.*, (2007), este efeito pode ser mais importante para as espécies migradoras, pois a barragem e o trecho lântico são barreiras que impedem os movimentos migratórios, influenciando diretamente na estrutura genética das populações. Assim, o número de indivíduos retido a montante é fundamental para a manutenção da heterogeneidade genética, além da integridade de locais adequados para sua proliferação. A época do fechamento e a posição da barragem em relação aos movimentos e distribuição das populações também possuem importante na manutenção da biodiversidade genética no trecho a montante.

Ainda, em bacias cujas faunas aquáticas são naturalmente fragmentadas por grandes quedas d'água, os represamentos podem propiciar misturas de fauna. O reservatório de Itaipu, por exemplo, possibilitou com o alagamento de Sete Quedas (Guaíra/PR), a dispersão de pelo menos 16 espécies de peixes anteriormente confinadas nos trechos inferiores da bacia do rio Paraná, entre as algumas indesejáveis à pesca (Agostinho *et al.*, 1995; Agostinho *et al.*, 2006).

Assim, ecologistas têm buscado maneiras de avaliar os impactos causados por usinas hidrelétricas sobre o ecossistema aquático em todo mundo. Hoje o estudo de ecologia de reservatórios tornou-se uma importante ferramenta para monitoramento, manejo e gerenciamento dos reservatórios, especialmente no Brasil. Neste sentido, o conhecimento dos aspectos relacionados com a biologia e ecologia das espécies são importantes para se compreender o comportamento das populações de peixes, favorecendo a correta administração desses recursos. Entre as análises mais utilizadas para tais avaliações, destacam-se a relação peso/comprimento e o fator de condição. Tais análises são ferramentas importantes à elaboração de programas de manejo pesqueiro, pois fornecem informações sobre a autoecologia das espécies (Vazzoler, 1982), permitindo ainda: a determinação indireta do peso através do comprimento e vice-versa, análise do ritmo de crescimento, através do coeficiente alométrico e indicação do estado de armazenamento de gordura ou desenvolvimento gonadal, por meio do fator de condição (Braga, 1993; Agostinho e Gomes, 1997). A relação ainda é fundamental para o estudo do ciclo de vida e frequentemente utilizada em comparações morfométricas entre populações (Bolger e Connolly, 1989), além do que o fator de condição pode ser indicativo quantitativo do estado de saúde (higidez) ou bem estar do peixe, refletindo condições alimentares recentes (Le Cren, 1951). Esse indicador também é frequentemente utilizado para o estudo da biologia de peixes, fornecendo importantes informações relacionadas ao estado fisiológico deles. Como resultados do índice, existe a possibilidade do estudo comparativo de distintas populações, permitindo avaliar a qualidade ambiental em que estes animais vivem e realizar análises temporais com dados adicionais nos estudos de reprodução e nos processos de ciclos sazonais de alimentação (Braga, 1986; Bolger e Connolly, 1989; Vazzoler, 1996).

Seleção e caracterização morfológica das espécies

Considerando todas as informações apresentadas, entre as diversas espécies de peixes que ocorrem na região da UHE Tucuruí, em função das poucas informações biológicas e ecológicas e por possuírem representatividade na pesca comercial regional, foram selecionadas as seguintes espécies detritívoras para este estudo: *Curimata acutirostris* (Vari e Reis, 1995), *Curimata inornata* (Vari, 1989b), *Curimata vitatta* (Kner, 1858) e *Psectrogaster amazonica* (Eigenmann e Eigenmann, 1889). Tais espécies compartilham diversas características como o consumo algas, detritos e microorganismos associados, desova total na época de cheia, com maior frequência em margens de rios e lagos (Santos *et. al.*, 2004).

A *Curimata acutirostris* pode alcançar comprimento máximo de 20 cm, apresentando primeira maturação gonadal com cerca de 13 cm. Seu corpo é moderadamente elevado com altura contida cerca de 2,6 vezes no comprimento padrão; maxila superior maior que a inferior, deixando a boca em posição ventral; lábio superior grosso; olho grande e ovoide; região pré-pélvica plana; região pós-pélvica quilhada; coloração cinza no dorso e prateada no ventre; nadadeiras hialinas (Santos *et al.*, 2004).

Indivíduos da espécie *C. inornata* podem alcançar um tamanho máximo de 25 cm, tendo sua primeira maturação gonadal com aproximadamente 13 cm. O corpo é moderadamente elevado; altura contida cerca de 3 vezes no comprimento padrão; maxila superior maior que a inferior, deixando a boca em posição ventral; lábio superior carnoso; focinho afilado; olhos arredondados; região pré-pélvica achatada, marginada lateralmente por ângulo quase reto em relação à lateral do corpo; região pós pélvica quilhada; coloração uniformemente cinza-escura no dorso e esbranquiçada no ventre; nadadeiras hialinas a amareladas (Santos *et al.*, 2004).

A *Curimata vitatta* alcança comprimento máximo de 25 cm. Seu corpo é moderadamente elevado; altura contida cerca de 3 vezes no comprimento padrão; maxila superior ligeiramente maior que a inferior, deixando a boca em posição ventral; olho bastante desenvolvido oval; região pré-ventral plana, formando um ângulo quase reto com a lateral do corpo; região pós pélvica quilhada; coloração cinza prateada com 8 a 10 listras escuras no dorso; nadadeiras hialinas a acinzentadas (Santos *et al.*, 2004).

Para a *Psectrogaster amazonica* observa-se um comprimento máximo de 20 cm, tendo corpo robusto, comprimido lateralmente e elevado; altura contida entre 1,6 a 2 vezes no comprimento padrão; região abdominal transversalmente arredondadas à frente das nadadeiras ventrais e quilhada atrás dessas; escamas abdominais, entre as nadadeiras ventrais e anal em forma de serra e cujas pontas são dirigidas posterior ou postero ventralmente. Sua coloração é cinza no dorso e prateada no ventre; extremidade da caudal escurecida; uma mancha escura verticalmente alongada na base dos raios caudais medianos (Santos *et al.*, 2004).

Assim, o presente trabalho tem por objetivo verificar a influência da UHE Tucuruí sobre aspectos da biologia populacional (relação peso/comprimento, peso total, comprimento padrão, fator de condição e proporção sexual) das quatro espécies selecionadas. Assim, pretende-se fornecer informações atualizadas sobre os impactos da usina sobre tais espécies, contribuindo para futuras tomadas de decisões quanto ao gerenciamento e manejo do reservatório de Tucuruí/PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Os estudos de viabilidade e inventário da UHE Tucuruí iniciaram-se em 1972, contudo sua construção iniciou-se em 1976, com sua inauguração em 1984. O fechamento da barragem inundou uma área de 2430 km², tendo um perímetro de 6400 km, profundidade média de 17,5 m, com valores máximos de 75 m nas proximidades da barragem. O tempo de residência médio é de 51 dias, entretanto, nas regiões marginais este período pode ser superior a 130 dias (Eletronorte, 1989).

A área de amostragem (Figura 1) compreende a área de influência a montante e a jusante da UHE Tucuruí, estando localizadas na região central do Estado do Pará (Jusante 03°43' S e Montante 49°12' W) (Eletronorte, 1989).

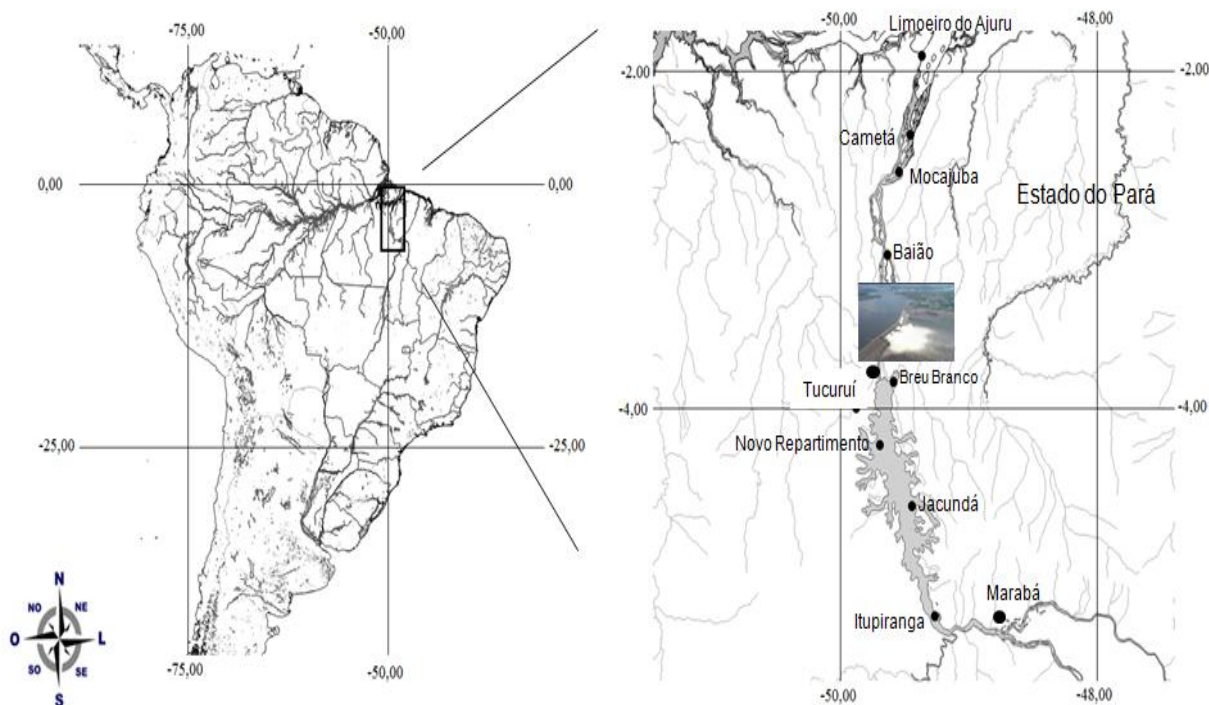


Figura 1 – Mapa da rede hidrológica da área de influência da UHE Tucuruí e pontos de amostragem.

Procedimentos em campo e laboratório

As coletas foram realizadas bimestralmente, abrangendo períodos de inverno/chuva (dezembro a março) e verão/seca (junho a novembro), pela equipe do Programa de Pesca e Ictiofauna da ELETRONORTE, no período compreendido entre 2001 a 2010, nas localidades a montante da usina (regiões dos municípios de Breu Branco, Tucuruí, Jacundá, Novo Repartimento, Itupiranga e Marabá) e a jusante da usina (regiões dos municípios de Baião, Mocajuba, Cametá e Limoeiro do Ajuru).

Para a captura dos peixes, foram utilizadas redes de espera (malhadeiras), dispostas em baterias com redes de 80 m de comprimento com malhagens de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mm entre nós não adjacentes, expostas por 24 horas, com revistas a cada 3 horas, em 2 locais diferentes por área amostral. Os peixes capturados foram colocados em sacos plásticos devidamente identificados quanto o local de captura e data, acondicionados em caixas térmicas com gelo e transportados para análise no Laboratório do Programa de Pesca e Ictiofauna, do Centro de Proteção Ambiental, da UHE Tucuruí.

No laboratório, todos exemplares foram identificados com base na bibliografia específica (chaves de identificação) tais como Santos *et al.* (1984; 2004). Posteriormente, foram determinados, utilizando-se de ictiômetro e balança analítica com precisão em centigramas, os seguintes dados biométricos: comprimento padrão em centímetros (Ls): medida obtida da ponta do focinho até a extremidade da última vértebra e peso total em gramas (Wt). Após estes procedimentos, os peixes foram dissecados por incisão abdominal mediana, da abertura anal até a região opercular e o sexo dos indivíduos foi determinado por análise macroscópica das gônadas (visualização a olho nu), avaliando-se características como cor e transparência (Vazzoler, 1996).

Análise dos dados

Para avaliar os possíveis efeitos do barramento sobre as quatro espécies de peixes selecionadas foram utilizados as seguintes análises:

- *Proporção entre os sexos:* a proporção entre fêmeas e machos é uma informação importante para a caracterização da estrutura populacional de uma espécie ou população. Sendo assim, esta foi calculada segundo Vazzoler, (1996).

onde:

1º - obter a somatória de fêmeas e de machos e calcular sua frequência porcentual.

2º - calcular o valor de χ^2 (Qui-quadrado), admitindo-se que a proporção esperada, em todos os casos seja de 1:1 (50% : 50%).

$$\chi^2 = \frac{2 \cdot (O - E)^2}{E}$$

onde:

χ^2 = valor do qui-quadrado.

O = frequência porcentual de fêmeas ou machos.

E = proporção entre sexos esperada.

Sendo que, para gl=1, valores de $\chi^2 > 3,84$ indicam diferenças significativas.

- *Análise de comprimento padrão e peso:* os valores de comprimento padrão e peso dos exemplares foram submetidos à análise de normalidade de Lilliefors, sendo considerados não normais, sendo assim utilizado o teste de Mann-Whitney (teste *U*) para comparar os exemplares pertencentes ao trecho jusante e montante de cada espécie.

- *Relação peso/comprimento:* considerado um importante modelo matemático na dinâmica de populações de peixes conforme Le Cren, (1951). Essa foi ajustada em um gráfico de dispersão sendo a variável “X” o comprimento padrão (cm) e “Y” peso total (g), obtendo-se uma equação matemática tipo

potência, onde a constante a (coeficiente linear) indica o bem estar do peixe, e a constante (Φ) (coeficiente angular), que é particular para cada espécie, tende a assumir valores entre 2,0 e 4,0, expressando o tipo de crescimento da espécie (Santos, 1978). Para indicar o tipo de crescimento para cada espécie avaliada nas respectivas áreas de coleta, foi calculado o intervalo de confiança para os valores de coeficiente angular segundo Froese (2006). Assim, para os intervalos que abrangeram 3,0, o crescimento foi considerado isométrico, para valores menores que 3,0, alométrico negativo e maiores que 3,0 alométrico positivo.

$$W_t = a.L_s^\Phi$$

onde:

W_t = peso total do indivíduo (g).

a = coeficiente linear.

L_s = comprimento padrão (cm).

Φ = coeficiente angular.

- *Fator de Condição (K)*: indica o grau de hígidez do indivíduo refletindo sua condição nutricional recente. No presente trabalho, optou-se pela multiplicação do fator de condição por 10.000 para melhorar a apresentação gráfica dos resultados. Sendo assim, esta foi calculada segundo Vazzoler, (1996).

$$K = (W_t/L_s^b).10000$$

onde:

K = fator de condição.

W_t = peso total do indivíduo (g).

L_s = comprimento padrão do indivíduo (cm).

b = coeficiente angular (Φ) obtido da relação peso/comprimento.

Ressalta-se que para as análises do fator de condição e para a relação peso/comprimento foram seguidas, sempre que possível, as recomendações de Froese (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram capturados 3.076 indivíduos na área a jusante do reservatório de Tucuruí, enquanto que na área montante capturou-se 2.936 indivíduos, pertencentes as quatro espécies selecionadas para o presente estudo. Assim, registrou-se 180 indivíduos a jusante e 1.201 a montante para a espécie *C. acutirostris*, 481 indivíduos a jusante e 619 a montante para a *C. inornata*, 289 indivíduos a jusante e 114 a montante para a *C. vitatta* e 2.126 indivíduos a jusante e 1002 a montante para a *P. amazonica*. Entretanto, devido a não padronização da quantidade de locais amostrais, não foi realizada comparação estatística para as quantidades capturadas por espécie nas áreas jusante e montante.

Relação peso/comprimento

Considerando parâmetros populacionais básicos como comprimento padrão e peso total, para as quatro espécies analisadas, foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre montante e jusante, sendo que os maiores valores foram sempre observados a jusante (Figura 2 e 3). Para o fator de condição, todas as espécies apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre montante e jusante, sendo que os maiores valores sempre foram observados a jusante, com exceção de *C. vitatta* que apresentou maior valor no trecho a montante usina (Figura 4).

Desta forma, pode-se inferir que devido a região a jusante do barramento ainda conservar características ambientais do ecossistema lacustre, onde tais espécies evoluíram, permitem as mesmas melhores condições de sobrevivência, justificando os resultados observados para comprimento padrão, peso total e fator de condição. Outra possível explicação é que as variações de oscilação do nível do rio, devido a operação da usina, podem ter influenciado as composições de peso e comprimento dos organismos. As variações de nível dependendo da época do ano podem abranger e coincidir com uma maior área alagada, assim,

existindo maior disponibilidade de alimento. Na seca, as áreas de alimentação podem ficar restritas a pequenas regiões, podendo inclusive haver isolamento dos organismos, desta maneira influenciando os organismos morfológicamente e fisiologicamente. Estas áreas isoladas são comumente chamadas de lagoas marginais, que são próximos aos rios, tendo ampla importância ecológica e se constituírem em áreas de abrigo para ovos, larvas e alevinos das espécies de peixes (Sato *et al.*, 1987; Torloni *et al.*, 1991; Agostinho e Benedito Cecílio, 1992; Araújo, 1996).

Os maiores valores para o fator de condição observados na região de jusante podem indicar melhores condições alimentares, ou seja, maior disponibilidade de alimento e/ou de melhor qualidade nutricional e digestibilidade, assim, proporcionado acúmulo de reservas e conseqüentemente melhor condição fisiológica aos exemplares que habitam esta área. Neste sentido, segundo Vazzoler e Vazzoler (1965), também indicam esta condição, incluindo que se avaliem as variações das condições gerais de bem estar do peixe.

Outra hipótese, para explicar as diferenças observadas quanto ao comprimento padrão, peso total e fator de condição para as espécies estudadas, é a livre migração de espécies oriundas de outras regiões da Bacia Amazônica para a região de jusante. Tal fato pode ser benéfico, pois pode colaborar com a manutenção do “pool” gênico das espécies, fazendo com que as mesmas se ajustem/adaptem as novas condições ambientais e ecológicas da região.

Ainda, o maior valor de fator de condição observado para *C. vittata* no trecho a montante, pode estar relacionado às características específicas da espécie, cujos presentes resultados não são capazes de explicar.

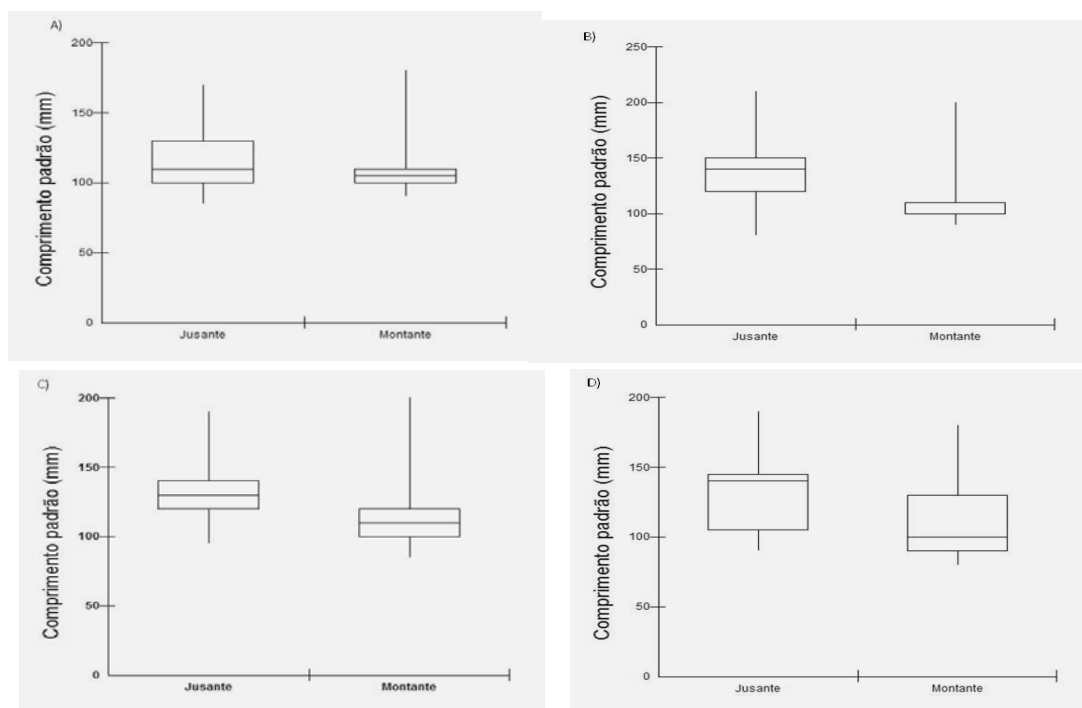


Figura 2 – Box-plot para o comprimento padrão das quatro espécies estudadas a jusante e montante da UHE Tucuruí, no período de 2001 a 2010. A) *Curimata acutirostris* ($p=0,0034$); B) *Curimata inornata* ($p<0,0001$); C) *Curimata vitatta* ($p<0,0001$) e D) *Psectrogaster amazonica* ($p<0,0001$).

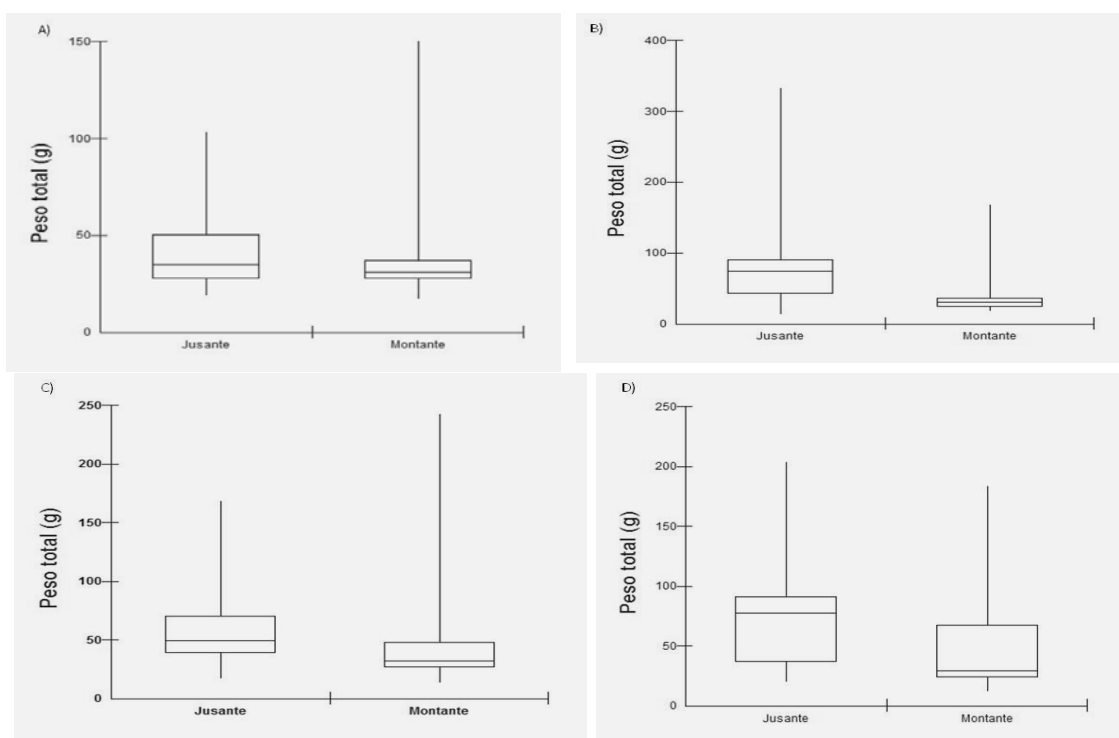


Figura 3 - Box-plot para o peso total das quatro espécies estudadas a jusante e montante da UHE de Tucuruí, no período de 2001 a 2010. A) *Curimata acutirostris* ($p=0,0001$); B) *Curimata inornata* ($p<0,0001$); C) *Curimata vitatta* ($p<0,0001$) e D) *Psectrogaster amazonica* ($p<0,0001$).

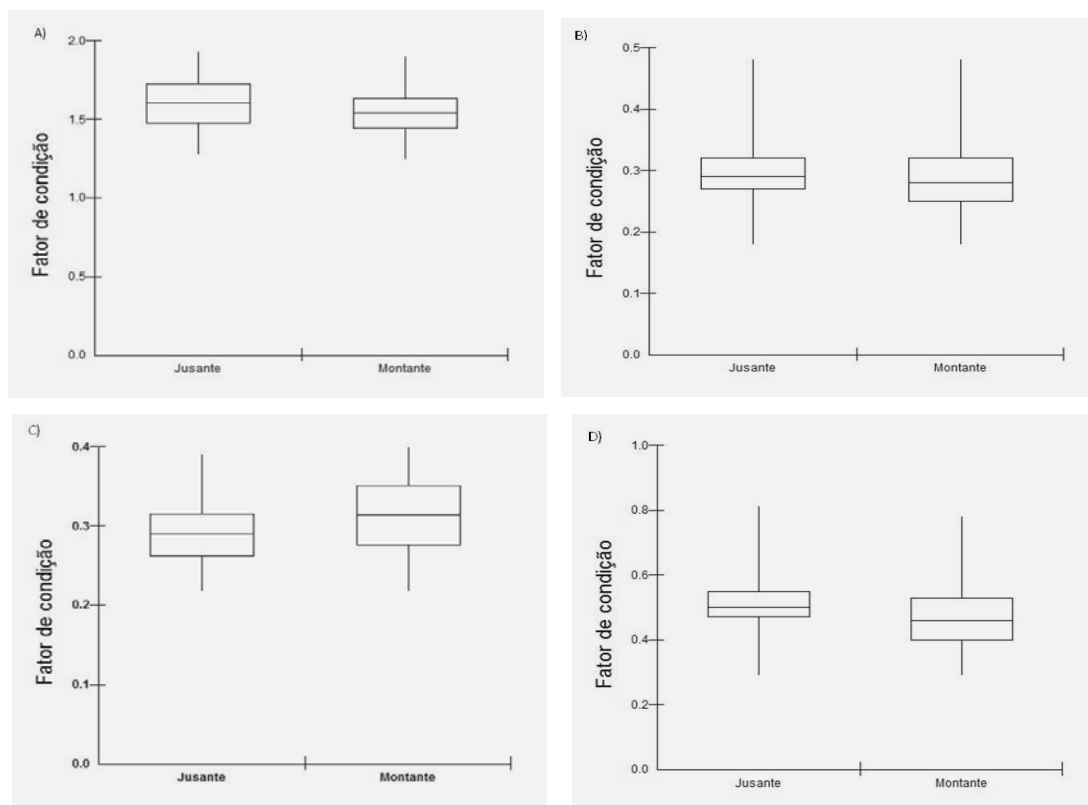


Figura 4 - Box-plot para o fator de condição das quatro espécies estudadas a jusante e montante da UHE de Tucuruí, no período de 2001 a 2010. A) *Curimata acutirostris* ($p=0,0001$); B) *Curimata inornata* ($p=0,0003$); C) *Curimata vitatta* ($p<0,0001$) e D) *Psectrogaster amazonica* ($p<0,0001$).

Fator de condição

No estudo foram encontrados valores do fator de condição (K), para as quatro espécies e para as regiões do estudo, dentro dos limites indicados por Santos (1978). Sendo assim, para a região de montante, apenas a *C. acutirostris* apresentou valor de (K) menor que 3, já para a jusante da barragem, todas as espécies apresentaram os valores do fator de condição abaixo de 3. Os resultados desta relação comprovaram que houve maiores diferenças entre os comprimentos padrões e pesos totais para as quatro espécies estudadas, na região de jusante do barramento.

Segundo Froese (2006), o tipo de crescimento, oriundo da relação peso/comprimento, pode ser classificado em três tipos conforme os valores do coeficiente angular (b). Assim, caso o valor seja menor do que 3, há maior incremento do comprimento em relação ao peso (crescimento alométrico negativo); para valores maiores do que 3, existe maior incremento em peso do que em comprimento (crescimento alométrico positivo); e para valores iguais a 3, incremento em comprimento e peso são proporcionais, tem-se o crescimento isométrico.

Assim, em relação ao tipo de crescimento das espécies estudadas, observou-se um crescimento do tipo alométrico positivo na área de montante da usina para *C. inornata*, *C. vitatta* e *P. amazonica*, enquanto que para a espécie *C. acutirostris*, o crescimento foi alométrico negativo. Para a área de jusante, observou-se um crescimento do tipo alométrico negativo para *C. acutirostris*, *C. inornata* e *P. amazonica*, enquanto que para a *C. vitatta*, o crescimento foi isométrico (Tabela I).

Desta forma, os resultados observados para fator de condição, comprimento padrão e peso total foram invariavelmente maiores a jusante, sendo também constatado um crescimento alométrico positivo para maioria das espécies avaliadas a montante, podendo ser indicio de uma mudança na forma corporal dos indivíduos nesta região, em função da nova dinâmica hídrica e alimentar deste novo ambiente lacustre.

Tabela I - Relações morfométricas oriundas das relações peso/comprimento* para as quatro espécies avaliadas no reservatório de Tucuruí/PA, Brasil.

		<i>Curimata acutirostris</i>	<i>Curimata inornata</i>	<i>Curimata vitatta</i>	<i>Psectrogaster amazonica</i>
MONTANTE	a	0,0002	0,00002	0,000001	0,00002
	b	2,6072	3,1057	3,2076	3,0793
	95% inferior	2,5526	3,018	3,04398	3,0109
	95% superior	2,6618	3,1934	3,37122	3,1478
	r ²	0,8797	0,8868	0,9309	0,8862
	CRESCIMENTO	alométrico negativo	alométrico positivo	alométrico positivo	alométrico positivo
JUSANTE	a	0,0002	0,00008	0,00003	0,0002
	b	2,5975	2,78	2,949	2,6717
	95% inferior	2,5062	2,6917	2,8277	2,641
	95% superior	2,6888	2,8683	3,0703	2,7024
	r ²	0,9465	0,8888	0,8887	0,9321
	CRESCIMENTO	alométrico negativo	alométrico negativo	isométrico	alométrico negativo

* As equações das relações peso/comprimento podem ser obtidas através da relação $Wt = a.Ls^b$

Tais resultados, em que se observam tendências de crescimento alométrico positivo a montante e negativo a jusante, podem ser explicados considerando-se o hábito alimentar das espécies estudadas, que incluem algas como itens alimentares abundantes na dieta, como observado durante as coletas em campo. Desta forma, o crescimento alométrico positivo observado para *C. inornata*, *C. vitatta* e *P. amazonica*, a montante, pode estar relacionado à maior disponibilidade de alimento (algas e detritos), em função da alta produtividade primária observada nas regiões lacustres dos reservatórios brasileiros (Agostinho *et al.*, 2007).

Entretanto, os valores do fator de condição que indicam a condição nutricional recente dos peixes, entre outros aspectos, apresentam resultados contrários a esta hipótese. Assim, uma possível inferência seria que os animais a jusante estão utilizando alimentos mais nutritivos/energéticos que os exemplares a montante, ou a relação entre energia gasta para aquisição de alimento e digestão dos mesmos são mais vantajosas a jusante.

Desta forma, apenas trabalhos que caracterizem os itens alimentares utilizados e suas respectivas importâncias na composição da dieta, poderiam elucidar tal fato. Assim, é evidente a influência do represamento sobre o fator de condição e tipo de crescimento das espécies analisadas, como relatado por Araya *et al.* (2005), que mencionaram que as modificações das condições naturais, como por exemplo, a formação de reservatórios, pode influenciar o tipo de crescimento de algumas espécies de peixes.

Proporção sexual

Em relação a proporção sexual, foi observada maior proporção de fêmeas na área jusante para *C. inornata*, *C. acutirostris* e *P. amazonica*, enquanto que para *C. vitatta* não foram observadas diferenças. Para área montante, apenas *C. inornata*, e *P. amazonica* apresentaram diferenças significativas na proporção sexual, sendo que as fêmeas foram mais abundantes (Tabela II).

Tabela II – Proporção sexual para as quatro espécies de peixes detritívoros avaliadas no reservatório de Tucuruí/PA, Brasil (* valores de χ^2 superiores a 3,86 foram considerados significativos).

	RELAÇÃO	<i>Curimata acutirostris</i>	<i>Curimata inornata</i>	<i>Curimata vitatta</i>	<i>Psectrogaster amazonica</i>
MONTANTE	Fêmeas	675	452*	51	698*
	Machos	526	167	63	304
	F:M	1,28	2,71	0,81	2,3
	χ^2	1,54	21,2	1,11	15,46
JUSANTE	Fêmeas	112*	326*	171	1452*
	Machos	68	155	117	674
	F:M	1,65	2,1	1,46	2,15
	χ^2	5,98	12,64	3,52	13,39

Segundo Nikolsky (1969), a proporção sexual adequada entre peixes é 50% de machos e 50% de fêmeas, sendo que pode fornecer subsídios importantes para o conhecimento da relação entre os indivíduos e o meio ambiente, bem como da situação populacional em uma dada espécie. Ainda, este mesmo autor relata que em ambientes com grande disponibilidade alimentar, ocorre um deslocamento natural da proporção sexual para fêmeas, favorecendo assim um maior sucesso reprodutivo da espécie. Tal fato pode explicar a significativa predominância de fêmeas no trecho jusante do reservatório de Tucuruí. Observando-se a predominância de fêmeas a jusante, do ponto de vista Nikolsky (1969), reforça-se a inferência que as condições alimentares a jusante são melhores do que as observadas a montante.

Entretanto, outras possíveis hipóteses para as proporções sexuais observadas podem também suplementar a discussão acima. Dentre elas, destacam-se a mortalidade e o crescimento, que são fatores que podem atuar de modo diferencial sobre machos e fêmeas, determinando o predomínio de indivíduos de um dos sexos (Vazzoler, 1996).

Considerando que as quatro espécies estudadas compartilham o mesmo hábito alimentar, esperava-se que respondessem de maneira similar ao repesamento o que não foi observado, para algumas análises realizadas. Desta forma, fica evidente a necessidade de estudos que visem caracterizar aspectos importantes da biologia populacional destas espécies. Dentre tais estudos, destaca-se a necessidade de informações sobre hábito alimentar, períodos e tipo de desova, rotas de migração, interação com outras espécies entre outros de suma importância para a conservação desta guilda de peixes.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados demonstram claramente que as condições ambientais a jusante são de maneira geral são mais favoráveis a sobrevivência das espécies estudadas do que a montante do reservatório de Tucuruí. Desta forma, fica evidente que o barramento causou diversas mudanças sobre os aspectos da biologia populacional das espécies analisadas. Entretanto, mensurar o real impacto deste empreendimento sobre o ecossistema em questão, não é possível com base apenas nos resultados apresentados. Assim, conclui-se que a UHE Tucuruí influencia de maneira significativa os aspectos da biologia populacional das espécies detritívoras estudadas no presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM, 500p. 2007.

AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.M.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Biodiversidade e introdução de espécies de peixes: unidades de conservação. In: CAMPOS, J. B.; TOSSULINO, M. G. P.; MÜLLER, C. R. C. (Org.). Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná (IAP). p. 95-117. 2006.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; SUZUKI, H.I.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil. In: CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A. (Ed.). Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. Ottawa: World Fisheries Trust: International Development Research Centre; Washington, D.C.: International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. ch. 2, p. 19-98. 2003c.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, 387p. 1997.

AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E.A.M; THOMAZ, S.M. The high Paraná River basin: limnological and ictiological aspects. In: Tundisi, J. G.; Bicudo, C. E. M. & Matsumura-Tundisi, T. Limnology in Brazil. Rio de Janeiro, Brazilian Academy of Science/Brazilian Limnological Society. p. 59-104. 1995.

AGOSTINHO, A.A.; BENEDITO CECÍLIO, E. Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Maringá: UEM- NUPELIA, 128p. 1992.

ARAYA, P.R.; AGOSTINHO, A.A.; BECHARA, J.A. The influence of dam construction on a population of *Leporinus obtusidens* (Valenciennes, 1847) (Pisces, Anostomidae) in the Yacyreta Reservoir (Argentina). Fisheries Research v. 74, p. 198–209, 2005.

ARAÚJO, F.G. Composição e estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo Rio Paraíba do Sul, RJ. Rev. Bras. Biol., v.1, p.111-26. 1996.

BENEDITO CECÍLIO, E.; AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JÚNIOR, H.F.; PAVANELLI, C.S. Colonização ictiofaunística do reservatório de Itaipu e áreas adjacentes. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 1-14, jan. 1997.

BOLGER, T.; CONNOLLY, P.L. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish Biol.*, Southampton, v. 34, n. 2, p. 171-182, 1989.

BRAGA, F.M.S. Análise do fator de condição de *Paralichthys brasiliensis* (Perciformes, Sciaenidae). *Rev. Unimar, Maringá*, v. 15, n. 2, p. 99-115, 1993.

BRAGA, F.M.S. Estudo entre fator de condição e relação peso-comprimento para alguns peixes marinhos. *Revista Brasileira de Biologia*. 2(46): 339-346. 1986.

EIGENMANN, C.H.; EIGENMANN, R.S. A revision of the South American Nematognathi or catfishes. *Occas. Pap. California Acad. Sci* (1): 1-508. 1890.

ELETRONORTE. Plano de utilização do reservatório: a pesca nas áreas de influência local e de jusante caracterização preliminar (TUC 10-26443-RE). Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S/A, Brasília. 124p. (Relatório). 1989.

FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Blackwell Verlag, Berlin, J. Appl. Ichthyol.* 22, 241-253. 2006.

HEDRICK, P.W.; GILPIN, M.E. Genetic effective size of a metapopulation. In: HANSKI, I.; GILPIN, M. E. (Ed.). *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. San Diego, CA: Academic Press, ch. 8, p. 165-181. 1997c.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge, D.P. (Ed.). *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS) (Honey Harbour, Ontario, Canada, September 14-21, 1986)*. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans. p. 110-127. (Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 106). 1989.

LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, Oxford, v. 20, p. 201-219, 1951.

LILLIEFORS, H. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 62. pp. 399-402. 1967.

LIZAMA, M.A.P.; AMBRÓSIO, A.M. Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, 62: 113-124. 2002.

LOWE-MCCONNELL, R.H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo, EDUSP, 534p. 1999.

MCKINNEY, T.; ROGERS, R.S.; PERSONS, W.R. Effects of flow reductions on aquatic biota of the Colorado river below Glen Canyon dam Arizona. North Amer. J. Fish. Manag. n. 19, p. 984-991. 1999.

MANN, H.B.; WHITNEY, D.R. On a Test of Whether One of Two Random Variables is Stochastically Larger Than the Other. Annals of Mathematical Statistics. 18:50–60. MR0022058. 1947.

NEIFF, J.J. Ideas para la interpretación ecológica del Parana. Interciencia, Caracas, v. 15, no. 6, p. 424-441, Nov.-Dec. 1990.

NIKOLSKY, G.V. Theory of fish population dynamics. Edinburgh, Oliver & Boyd Ltd, 1969.

NIKOLSKY, G.V. Theory of fish population dynamics. Edinburgh, Oliver & Boyd Ltd, 1969.

PETTS, G.E. Impounded rivers: perspectives for ecological management. Chichester: J. Wiley & Sons, 326p., ill. (Environmental monographs and symposia). 1984c.

SANTOS, G.M. dos; MERONA, B.; JURAS, A.A.; JEGU, M. Peixes do baixo rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica de Tucuruí. Brasília: Eletronorte. 216p. 2004.

SANTOS, G.M. dos; MERONA, B. Impactos imediatos da UHE-Tucuruí sobre as comunidades de peixes e a pesca. In: *Energia na Amazônia* (Magalhães, S.B.; Brito, R.C. & Castro, E.R. 1996. eds.). vol. 1. MPEG, UFPA, UNAMAZ. 251-258. 2 vol. 1996.

SANTOS, G.M. dos; JEGU, M.; MERONA, B. Catálogo de peixes comerciais do baixo Rio Tocantins. ELETRONORTE / CNPq / INPA. Manaus, 1984.

SANTOS, E.P. dos. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo: Hucitec, 1978.

SATO, Y.; CARDOSO, E.L.; AMORIM, J.C.C. Peixes das lagoas marginais do Rio São Francisco à montante da represa de Três Marias (Minas Gerais). Brasília: CODEVASF, p.4-20. 1987.

SAVINO, J.F.; STEIN, R.A. Predator-prey interaction between *Largemouth bass* and bluegills as influenced by simulated, submersed vegetation. Transactions of the American Fisheries Society, 11: 255-266. 1982.

TORLONI, C.E.C.; SANTOS, J.J.; MOREIRA, J. A.; GIRARDI, L. Pesca artesanal e produção pesqueira no reservatório da UHE Mário Lopes Leão, Promissão-SP. CESP. São Paulo, v.1, 17p. 1991.

VARI.R.P.; REIS,R.E. *Curimata acutirostris*, a new fish (Teleostei: Characiformes: Curimatidae) from the rio Araguaia, Brazil: description and phylogenetic relationships. Ichthyol. Explor. Freshwaters, 6 (4): 297-304. 1995.

VARI.R.P. Systematics of the neotropical Characiform genus *Curimata* (Pisces: Characiformes). Smith Contrib. to Zoology, 474: 63p. 1989b.

VAZZOLER, A.E.A.M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. São Paulo: SBI/EDUEM, 169 p. 1996.

VAZZOLER, A.E.A.M.; MENEZES, N. A. Síntese de conhecimentos sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariophysi). Rev. Bras. Biol. 52, 627-640. 1992.

VAZZOLER, A.E.A.M.; Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento. Brasília: CNPq,. 106p. 1982.

VAZZOLER, A.E.A.M.; VAZZOLER, G. Relation between condition factor and sexual development in *Sardinella aurita* (Cuv & Val 1847). *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, v.37, p.353-359. 1965.