

Utilização do mecanismo de transposição de peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara por camarões (Palaemonidae), bacia do rio Mucuri, Minas Gerais, Brasil

Paulo dos S. Pompeu¹; Fábio Vieira² & Carlos B. Martinez³

¹ Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras. 37200-000 Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: pompeu@ufla.br

² Caixa Postal 4011. 31250-970 Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: riodecemg@ig.com.br

³ Centro de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Antônio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. E-mail: martinez@cce.ufmg.br

ABSTRACT. Use of Santa Clara Power Plant fish lift by Palaemonidae shrimps, Mucuri River basin, Minas Gerais, Brazil. During the Santa Clara Power Plant fish lift operation, from November 2003 to March 2004, Palaemonidae adult specimens were counted and identified and estimated juveniles number. Two Palaemonidae species were recorded: *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) and *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836). The use of the fish lift by adults was restricted, since only 185 individuals were registered. However, the estimated juveniles number was 19,120 individuals. Although existing fish passage systems could be considered as an alternative for Palaemonidae migration, planned spills during the reproductive periods could allow the drift of larvae. Moreover, the constructions of specific structures for upstream migration should be considered as an alternative for the maintenance of this important component of aquatic biota.

KEY WORDS. Conservation; fishway; freshwater shrimps migration; impact of dams.

RESUMO. Durante a operação do elevador para peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara, de novembro de 2003 a março de 2004, todos os crustáceos palaemonídeos adultos que utilizaram o mecanismo foram contados e o número de jovens estimado. Duas espécies foram registradas: *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) e *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836). A utilização do mecanismo por adultos foi bastante restrita, com apenas 185 exemplares registrados. Porém, o número de jovens de *M. carcinus* utilizando o elevador foi estimado em 19.120 indivíduos. Embora o mecanismo avaliado tenha permitido a passagem dos palaemonídeos para montante do barramento, ficou clara a necessidade de novos arranjos estruturais e de manejo específicos para esses animais. Essas ações se referem ao desenvolvimento de estruturas direcionadas para a sua passagem e a adoção de vertimentos programados durante o período reprodutivo para permitir o carreamento de larvas para jusante. Esses dois caminhos representam formas efetivas de manejo, imprescindíveis para a manutenção das populações deste importante componente da biota aquática.

PALAVRAS CHAVE. Conservação; transposição; migração de camarões de água doce; impacto de barragens.

Sistemas lóticos consistem de um mosaico de manchas de habitats ligados por diversos processos que suportam comunidades altamente complexas (MALMQVIST 2002). Peixes e crustáceos são importantes na estruturação das comunidades aquáticas de sistemas lóticos (POWER 1990, FLECKER 1992, PRINGLE 1996, PRINGLE & HAMASAKI 1998). Os invertebrados de água doce, incluindo os crustáceos, estão envolvidos em eventos de dispersão que têm por finalidade encontrar alimento, reproduzir, colonizar áreas e sobreviver às condições adversas (MALMQVIST 2002). Dessa forma, as migrações longitudinais representam uma característica marcante do ciclo de vida de muitas espécies, sendo este comportamento um elo funcional importante

entre as diversas regiões dos rios e seus estuários (FLECKER 1996, PRINGLE 1997, BENSTEAD *et al.* 1999).

Com a crescente fragmentação dos cursos d'água, especialmente por barramentos, alternativas têm sido buscadas e implementadas para a manutenção de movimentos migratórios. No Brasil, essa preocupação se reflete na legislação tanto em nível federal como estadual (MINAS GERAIS 1997), sendo que em Minas Gerais a única medida adotada tem sido a construção de mecanismos de transposição de peixes. As escadas para transposição de peixes constituem o tipo de mecanismo mais comum no Brasil, cuja primeira obra foi construída em 1906 no rio Atibaia, na barragem de Salto Grande, estado de São Paulo (GODOY 1985).

Apesar de passados cerca de cem anos da primeira experiência no Brasil com mecanismos de transposição de peixes, nenhuma atenção ainda foi dada à manutenção da migração de crustáceos de água doce. Entretanto, em alguns cursos d'água tropicais estes organismos fazem parte significativa da comunidade, alcançando grandes densidades (COVICH & MCDOWELL 1996), o que pode ser constatado em vários rios costeiros do Brasil com algumas espécies representando importante recurso econômico.

Descrevemos, neste trabalho, a utilização de um mecanismo de transposição de peixes do tipo elevador com caminhão-tanque por crustáceos palemonídeos de importância comercial e discutimos a implementação dessas estruturas em outros barramentos existentes em rios que drenam o leste brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A Usina Hidrelétrica Santa Clara está instalada no rio Mucuri a aproximadamente 100 km da sua foz no oceano Atlântico, próximo à divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia. Esse rio faz parte do conjunto de bacias independentes que drenam a região leste do Brasil. Sua área total de drenagem é de 15.100 km², sendo 94,7% dentro do estado de Minas Gerais e o restante na Bahia (CETEC 1983).

A barragem da usina foi construída em concreto, possuindo 60 m de altura máxima sobre as fundações e 240 m de extensão. O mecanismo de transposição de peixes instalado é do tipo elevador com caminhão-tanque e entrou em operação em novembro de 2003 (Fig. 1). Neste mecanismo, as espécies são inicialmente atraídas através de um fluxo de água de 3 m³/s, para o interior de um canal de confinamento. Após entrar no canal, um sistema de grades aprisiona os peixes sobre uma caçamba submersa que está instalada em seu interior. A caçamba então é içada e posicionada sobre um caminhão que possui um tanque para acondicionamento dos peixes. Após a transferência para o tanque, os peixes são transportados até o local de liberação localizado à montante do barramento. O processo completo de atração, captura, transferência dos exemplares da caçamba para o caminhão e sua liberação no reservatório representa um ciclo de transposição. Detalhes estruturais e funcionais de um mecanismo do tipo elevador com caminhão-tanque são descritos em POMPEU & MARTINEZ (2003).

O estudo foi conduzido entre os dias 19 de novembro de 2003 e 19 de março de 2004, quando foram acompanhados todos os ciclos de captura e transporte dos organismos que utilizaram o mecanismo de transposição. Dados das vazões médias diárias no rio Mucuri foram obtidos junto à estação fluviométrica operada na própria usina.

Ao longo dos quatro meses, foram realizados, de segunda-feira a sábado, excetuando-se feriados, seis ciclos de transposição diários, nos horários de 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h. Com frequência quinzenal, também foram realizados ciclos noturnos de transposição, nos horários de 20:00, 22:00, 24:00, 02:00, 4:00 e 6:00 h, durante uma noite.

No total, foram realizados 636 ciclos de transposição,



Figura 1. Vista do elevador para peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara. À direita pode ser observada a caçamba em elevação e à esquerda o caminhão-tanque usado para transporte.

sendo 588 diurnos (98 dias) e 48 noturnos (oito noites). Em cada ciclo foi contado o número de crustáceos adultos capturados e transpostos. Quinzenalmente, em período coincidente com a realização das transposições noturnas, também foram contados o número total de indivíduos jovens em cada um dos 12 ciclos efetuados ao longo de 24 horas. A média de indivíduos jovens por ciclo *versus* o número de ciclos realizados na quinzena foi então utilizada para a estimativa do número total de jovens transpostos no período avaliado.

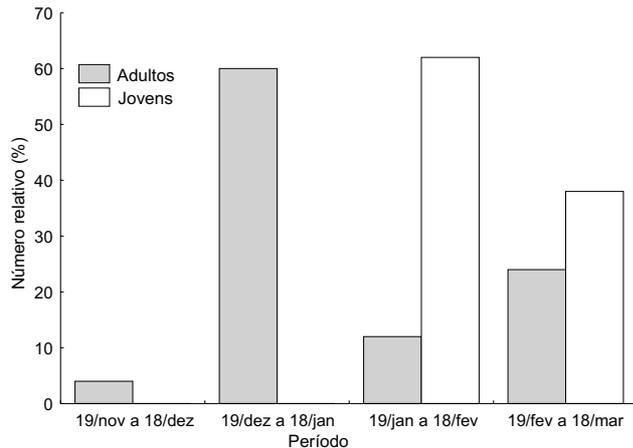
Para avaliar o uso do mecanismo de transposição por crustáceos de diferentes tamanhos, foram obtidas amostras quinzenais de exemplares adultos e jovens, que foram fixados em álcool (70%). Posteriormente, em laboratório, cada exemplar foi medido (mm) da ponta do rostró ao final do telso e identificado com base em chaves e descrições contidas em MELO (2003).

Uma vez que foi realizado um número maior de ciclos de transposição no período diurno, para avaliação da abundância de exemplares adultos ao longo de 24 horas foram calculadas, por espécie e horário, as capturas por unidade de esforço (CPUE), segundo a equação: $CPUE_{ij} = N_{ij}/C_j$, onde: (CPUE_{ij}) captura por unidade de esforço da espécie *i* no horário *j*, (N_{ij}) número total de indivíduos transpostos da espécie *i* no horário *j*, (C) número total de ciclos de transposição no período *j*.

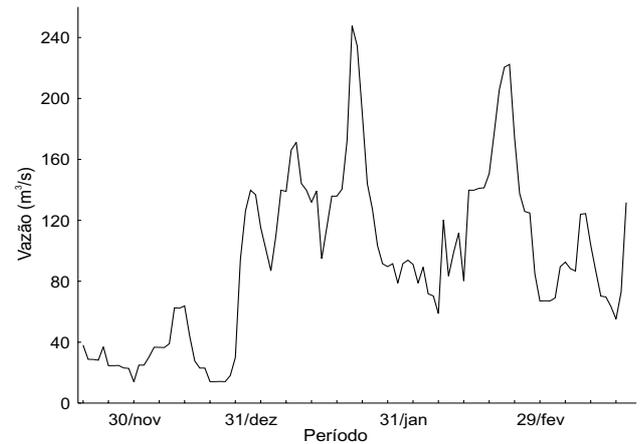
RESULTADOS

Durante o período em que o mecanismo foi avaliado, foram registradas duas espécies de palemonídeos dentro da caçamba do elevador: o pitu *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) e o camarão *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836).

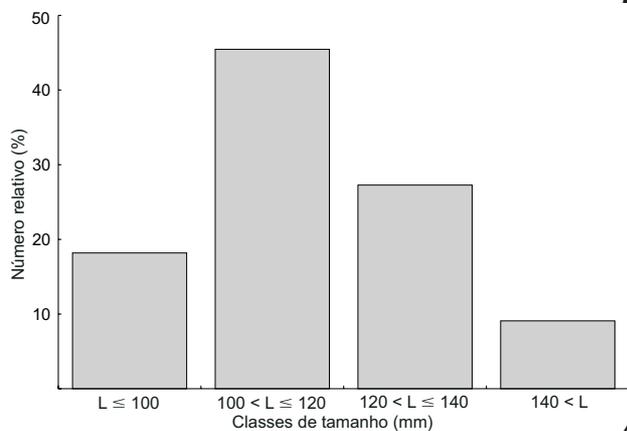
A utilização do mecanismo por exemplares adultos das duas espécies foi bastante restrita. Entretanto, *M. acanthurus*



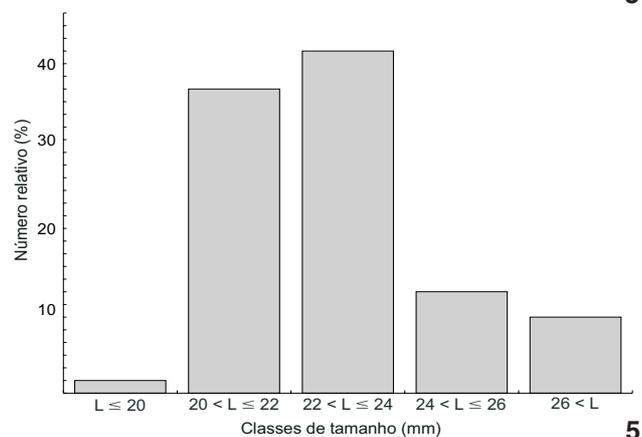
2



3



4



5

Figuras 2-5. (2) Distribuição das capturas mensais de jovens e adultos de *Macrobrachium carcinus* ao longo do período de estudos; (3) vazões médias diárias do rio Mucuri na região da barragem da Usina Hidrelétrica Santa Clara durante o período de operação do elevador para peixes, entre novembro de 2003 e março de 2004; (4-5) número relativo de exemplares (4) adultos e (5) jovens de *Macrobrachium carcinus* transpostos pelo elevador para peixes, por classe de tamanho.

foi mais comum ($n = 160$) que *M. carcinus* ($n = 25$). Para os jovens foi observada uma condição distinta, com as estimativas indicando que 19.120 indivíduos de *M. carcinus* utilizaram o mecanismo. Dentre os 318 indivíduos jovens coletados para identificação, cerca de quarenta por amostragem quinzenal, não foram registrados exemplares de *M. acanthurus*.

Todos os exemplares adultos de *M. acanthurus* foram coletados durante o mês de fevereiro, enquanto *M. carcinus* foi amostrado com maior intensidade entre 19 de dezembro e 18 de janeiro (Fig. 2), período que coincidiu com o aumento das vazões no rio Mucuri (Fig. 3). Jovens dessa última espécie foram capturados exclusivamente a partir de 20 de janeiro (Fig. 2). O tamanho dos indivíduos de *M. carcinus* variou de 10 a 145 mm para adultos (Fig. 4) e de 19 a 46 mm para os jovens (Fig. 5), com distribuições modais nas classes intermediárias de tamanho.

Quando avaliados o padrão de captura dos adultos das duas espécies ao longo do ciclo circadiano, observou-se que *M.*

carcinus utilizou o elevador com maior intensidade nos períodos crepusculares, enquanto *M. acanthurus* teve maior abundância durante a manhã (Fig. 6). À noite não foi observada atividade de jovens dentro do elevador.

DISCUSSÃO

Segundo ROCHA & BUENO (2004), nos últimos vinte anos um número considerável de trabalhos foram publicados sobre a fauna de crustáceos bentônicos brasileiros. Entretanto, a maioria dessas publicações refere-se a espécies marinhas e estuarinas, sendo que os crustáceos de água doce têm recebido menor atenção. Na bacia do rio Mucuri, além das espécies registradas no elevador, existem dois outros palaemonídeos com registros confirmados: *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) e *Macrobrachium olfersi* (Wiegmann, 1836) (MELO 2003). Espécies desse gênero podem ser agrupadas em dois grupos segundo suas estratégias reprodutivas: espécies com dependência da água salobra para

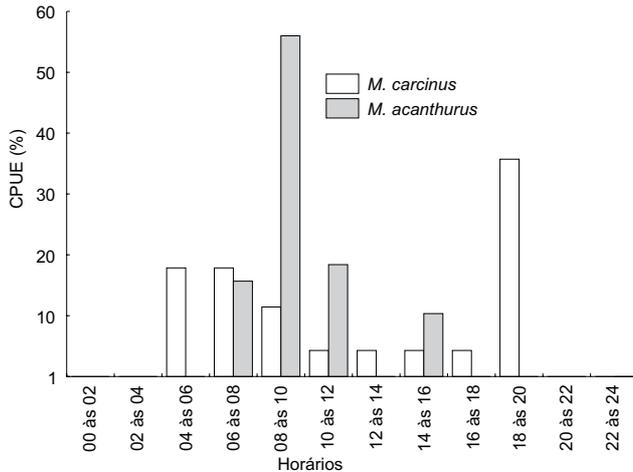


Figura 6. Distribuição das capturas por unidade de esforço ao longo do dia para adultos das duas espécies de palaemonídeos transpostos pelo elevador de peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara.

completarem o desenvolvimento larval (*M. acanthurus*, *M. carcinus*) e aquelas em que o desenvolvimento se dá totalmente em água doce (ROCHA & BUENO 2004).

Dessa forma, o uso do mecanismo por um pequeno número de espécies parece estar intimamente relacionado com a estratégia reprodutiva das mesmas, e em menor escala com restrições operacionais desse sistema de transposição. A forma de reprodução dependente de ambientes distintos – água salobra e doce – foi considerada por ROCHA & BUENO (2004) como o principal elemento responsável pelas diferenças na distribuição longitudinal das espécies na drenagem do Ribeira do Iguape, e usada por BUENO & RODRIGUES (1995) para explicar a menor diversidade de camarões do gênero *Macrobrachium* em regiões mais afastadas da zona litorânea.

Os estudos sobre a reprodução das espécies de palaemonídeos que ocorrem no Brasil enfocaram principalmente a determinação de seu período reprodutivo, com pouca ou nenhuma informação sobre uso de ambientes distintos durante esse processo. Para *M. carcinus* e *M. acanthurus* o aumento na intensidade reprodutiva está relacionado à estação chuvosa (VALENTI *et al.* 1989), mesmo padrão observado para *Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896) e *Macrobrachium potiuma* (Muller, 1880) (BOND & BUCKUP 1982, VERDI 1996). Para as espécies de camarão anfídromicas, a reprodução ocorre no curso superior dos rios e as larvas são carregadas passivamente para ambientes costeiros onde se desenvolvem. Posteriormente, as pós-larvas e indivíduos jovens migram rio acima, onde se desenvolvem até alcançarem a fase adulta (FIÈVET 1999, BENSTEAD *et al.* 2000). Dessa forma, a presença de poucos adultos no início da estação chuvosa e, principalmente, a grande abundância de jovens de *M. carcinus* no período subsequente, deve estar relacionada diretamente às características do ciclo reprodutivo desta espécie.

Para as espécies anfídromicas, a construção de barragens afeta tanto a deriva de larvas, como a migração ascendente de pós-larvas, jovens e adultos. Descargas pelo vertedouro de usinas hidrelétricas parecem ser capazes de permitir a manutenção parcial da deriva de larvas de palaemonídeos (HOLMQUIST *et al.* 1998). Entretanto, a migração ascendente é dificultada, embora existam registros de exemplares que escalam a superfície molhada destas barragens, transpondo o obstáculo com sucesso (HOLMQUIST *et al.* 1998).

Situações como essa foram observadas na barragem da Usina Hidrelétrica Mascarenhas, localizada no rio Doce, próximo à divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Esse tipo de transposição, onde as pós-larvas escalam paredes verticais de barragens, seria a única forma de explicar a manutenção das espécies anfídromicas acima de obstáculos sem qualquer mecanismo de transposição, já que palaemonídeos juvenis apresentam grande capacidade para escalar barreiras verticais (FIÈVET *et al.* 2001). No rio Doce isso parece constituir um fato, visto que a barragem da Usina Hidrelétrica Mascarenhas foi finalizada em 1974 e não possui qualquer sistema de transposição. Apesar dessa condição, pelo menos três espécies anfídromicas ainda representam parte importante das capturas realizadas pelos pescadores artesanais a montante desse barramento: *M. acanthurus*, *M. carcinus* e *Atya scabra* (Leach, 1816). Entretanto, é um consenso entre os mesmos que a abundância dessas espécies decresceu quando comparada ao período precedente à conclusão da barragem.

Embora não tenha sido realizado nenhum estudo prévio sobre a abundância de palaemonídeos no baixo curso do rio Mucuri, é possível que o elevador de peixes da Usina Hidrelétrica Santa Clara represente uma alternativa para a manutenção dos deslocamentos reprodutivos de crustáceos ao longo do rio, em especial para a subida de jovens de *M. carcinus*, já que a captura de exemplares adultos foi bastante reduzida. Desde que a reprodução desta espécie ocorra no curso superior e que os adultos não necessitem deslocarem-se para a região litorânea, a deriva de larvas e a subida de jovens representam os principais movimentos migratórios necessários para a manutenção da espécie nessa drenagem.

Entretanto, a utilização por crustáceos, de mecanismos de transposição projetados especificamente para peixes, não pode ser vista como uma solução única e definitiva para a manutenção das populações que ocorrem em rios do sudeste brasileiro. A programação adequada de vertimentos durante o período de reprodução desses organismos, associada ao desenvolvimento de estruturas específicas para a sua passagem são consideradas formas efetivas de manutenção das populações deste importante componente da biota aquática (FIÈVET *et al.* 2001, MARCH *et al.* 2003). Estas alternativas devem ser avaliadas com particular atenção para os barramentos já implantados ou em estudos no baixo curso de diversos rios do leste brasileiro, entre os quais o Jequitinhonha, Doce, São Mateus, além do próprio Mucuri, onde esses crustáceos representam importante recurso econômico para pescadores artesanais.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Hidrelétrica Santa Clara, Construtora Queirós Galvão e Limiar Engenharia, que financiaram este estudo em parceria com a UFMG, através do Centro de Estudos em Transposição de Peixes. Aos pescadores Ivo, Ivanildo, Márcio, Menguinha, Gilberto, Ranieri, Ademir, Dedé e Isopor, que auxiliaram nas coletas e aos revisores da revista brasileira de zoologia, Dr. Sérgio Luiz de Siqueira Bueno e anônimo, pelas críticas e sugestões apresentadas ao manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENSTEAD J.P.; J.G. MARCH; C.M. PRINGLE & F.N. SCATENA. 1999. Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota. *Ecological Applications*, Tempe, 9 (2): 656-668.
- BENSTEAD, J.P.; G. MARCH & C.M. PRINGLE. 2000. Estuarine larval development and upstream post-larval migration of freshwater shrimps in two tropical rivers of Puerto Rico. *Biotropica*, Washington 32 (3): 545-548.
- BOND, G. & L. BUCKUP. 1982. O ciclo reprodutor de *Macrobrachium borellii* (Nobili,1896) e *Macrobrachium potiuna* (Muller,1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) e suas relações com a temperatura. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 42 (3): 473-483.
- BUENO, S.L.S. & S.A. RODRIGUES. 1995. Abbreviated larval development of the freshwater prawn, *Macrobrachium iheringi* (Ortman, 1897) (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. *Crustaceana*, Leiden, 68 (6): 665-686.
- CETEC. 1983. **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Série de Publicações Técnicas/SPT-010, 158p.
- COVICH, A.P. & W.H. MCDOWELL. 1996. The stream community, p. 433-459. In: D.P. REAGAN & R.P. WAIDE (Eds). **The food web of a tropical forest**. Chicago, University of Chicago Press, 623p.
- FIÈVET, E. 1999. An experimental survey of freshwater shrimp upstream migration in an impounded stream of Guadeloupe Island, Lesser Antilles. *Archiv für Hydrobiologie*, Stuttgart, 144: 339-355.
- FIÈVET, E.; A.L. ROUX; L. REDAUD & J.M. SE'RANDOUR. 2001. Conception des dispositifs de franchissements pour la faune amphidrome (crevettes et poissons) des cours d'eau antillais: une revue. *Bulletin Francaise de la Pêche et de la Pisciculture*, Boves: 241-256.
- FLECKER, A.S. 1992. Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: evidence of neotropical stream. *Ecology*, Cambridge, 72: 438-448.
- FLECKER, A.S. 1996. Ecosystem engineering by a dominant detritivore in a diverse tropical stream. *Ecology*, Cambridge, 77: 1845-1854.
- GODOY, M.P. 1985. **Aquicultura – Atividade Multidisciplinar, Escadas e Outras Facilidades para Passagens de Peixes, Estações de Piscicultura**. Florianópolis, Centrais Elétricas do Sul do Brasil, 77p.
- HOLMQUIST, J.G.; J.M. SCHMIDT-GENGENBACH. & B.B. YOSHIOKA. 1998. High dams and marine-freshwater linkages: effects on native and introduced fauna in the Caribbean. *Conservation Biology*, Boston, 12: 621-630.
- MALMQVIST, B. 2002. Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater Biology*, Oxford, 47: 679-694.
- MARCH J. G.; J.P. BENSTEAD.; C.M. PRINGLE. & F.N. SCATENA. 2003. Damming tropical island streams: problems, solutions, and alternatives. *BioScience*, Washington, 53: 1069-1078.
- MELO, G.A.S. 2003. Famílias Atyidae, Palaemonidae e Segestidae, p. 289-415. In: G.A.S. MELO (Ed.). **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo, Editora Loyola, 430p.
- 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**. Belo Horizonte, Órgão Oficial dos Poderes do Estado de Minas Gerais.
- POMPEU, P.S. & C.B. MARTINEZ. 2003. A transposição de peixes através de elevadores com caminhões tanque. *CPH Notícias, SHP News*, Itajubá, 5 (8): 22-23.
- POWER, M.E. 1990. Resource enhancement by indirect effects of grazers: armored catfish algae and sediment. *Ecology*, Cambridge, 71: 897-904.
- PRINGLE, C.M. 1996. Atyid shrimps (Decapoda: Atyidae) influence the spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology*, Oxford, 35: 125-140.
- PRINGLE, C.M. 1997. Exploring how disturbance is transmitted upstream: going against the flow. *Journal of the North American Benthological Society*, Lawrence, 16: 425-438.
- PRINGLE, C.M. & M. HAMASAKI. 1998. The role of omnivory in structuring a tropical stream: separating effects of diurnal fishes and nocturnal shrimps. *Ecology*, Cambridge, 79: 269-280.
- ROCHA, S.S. & S.L.S. BUENO. 2004. Crustáceos decápodes de água doce com ocorrência no Vale do Ribeira de Iguape e rios costeiros adjacentes, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 21 (4): 1001-1010.
- VALENTI, W.C.; J.T.C. MELLO & V.L. LOBÃO. 1989. Fecundidade em *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836) do rio Ribeira do Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 6 (1): 9-15.
- VERDI, A.C. 1996. Ciclo anual de reprodução del camaron dulciacuicola *Macrobrachium borellii* (Nobili,1896) (Crustacea, Caridea, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 56 (3): 561-568.