FLUTUAÇÕES DE VAZÃO E O "DRIFT" DE MACROINVERTEBRADOS:

subsídios para a parametrização de vazões ambientais

Diego Marcel Parreira de Castro [1]; Taynan Henriques Tupinambás [2]; Marcos Callisto [3]

Resumo – Os sucessivos pulsos de vazão decorrentes da operação de uma Usina Hidrelétrica (UHE) podem prejudicar os ecossistemas aquáticos e causar a diminuição da abundância e diversidade de macroinvertebrados a jusante. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de flutuações de vazão sobre o "drift" de macroinvertebrados a jusante de uma UHE como subsídio biológico para a parametrização de vazões ecológicas. Foram realizadas coletas nos períodos de chuvas e seca em momentos de vazão fixa (380 $m^3.s^{-1}$ na chuva e 100 $m^3.s^{-1}$ na seca) e de vazões flutuantes (380 a 430 $m^3.s^{-1}$ na chuva e de 100 a 180 $m^3.s^{-1}$ na seca). Foram coletados 31.924 organismos distribuídos em 46 táxons. Foram evidenciadas diferenças significativas na composição taxonômica de invertebrados no "drift" durante alterações de vazão, tanto no período de chuvas quanto no período de seca. Foram observadas diferenças na densidade entre os períodos de vazão fixa e de vazão flutuante na época de chuvas e na diversidade entre os períodos de vazão fixa e vazão flutuante na época de seca. Os resultados obtidos evidenciam que comunidades de macroinvertebrados a jusante de barramentos são influenciadas por flutuações de vazão, especialmente no período de chuvas.

Abstract – Successive daily flood pulses from hydropower plants can disrupt aquatic ecosystems and alter the composition, abundance, and diversity of macroinvertebrates downstream. We evaluated the influence of flow changes on the "drift" of macroinvertebrates downstream of a hydroelectric plant as a basis for developing suggestions for environmental flows that would perturb aquatic biota to a lesser degree. We collected macroinvertebrates at times of fixed flow rate (380 $m^3.s^{-1}$ in the rainy season and 100 $m^3.s^{-1}$ in the dry period) and when flows fluctuated (380 to 430 $m^3.s^{-1}$ in the rainy season, and 100 to 180 $m^3.s^{-1}$ in the dry season). We collected 31,924 organisms belonging to 46 taxa in the two sampling events. The taxonomic composition of invertebrates in the "drift" differed significantly during changes of flow, in both the rainy and dry season. Macroinvertebrate densities differed substantially between periods of fixed and fluctuating flows in the rainy season, as did diversity between periods of fixed and fluctuating flows in the dry season. We conclude that macroinvertebrate communities downstream of dams are influenced by daily flow fluctuations, especially during the rainy season.

Palavras-chave: macroinvertebrados bentônicos, drift, flutuações de vazão, hidrelétrica

[1] Mestrando ECMVS/UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos ICB/UFMG E-mail: diegobioufla@gmail.com
[2] Doutorando ECMVS/UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos ICB/UFMG. E-mail: taynanh@yahoo.com.br
3 Professor Associado UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos ICB/UFMG. E-mail: callistom@ufmg.br

1- INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos têm sofrido inúmeras influências de atividades antrópicas. Rios foram modificados para atender a demandas humanas por suprimento de água, controle de inundações, geração de energia e navegação (Hay *et al*., 2008). Atualmente, a maioria dos grandes rios em todo mundo encontra-se alterada por represamentos e regulação de suas vazões (Nilson, 2005). O número de represamentos de rios para a geração de energia elétrica tem aumentado significativamente em quase todas as bacias hidrográficas brasileiras. Esses empreendimentos tiveram, desde a década de 1970, ampla expansão, fortalecendo o setor hidrelétrico devido às condições hídricas favoráveis (Agostinho *et al.*, 2007).

A implantação de um reservatório ocasiona uma série de alterações nos ecossistemas aquáticos, incluindo mudanças nos regimes naturais de vazão, temperatura da água e transporte de sedimentos (Ward & Stanford, 1983; Petts, 1984; Poff, 1997). Essas modificações nos habitats físicos podem causar mudanças significativas em parâmetros abióticos importantes para os organismos aquáticos, como velocidade, temperatura e oxigênio da água e tipo de substrato (Allan, 1995) e, consequentemente, nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos (Petts, 1984).

O movimento contínuo da água, característico em ecossistemas lóticos, é responsável pela manutenção de vários processos ecológicos, incluindo o transporte de matéria orgânica, deposição de sedimentos e formação de gradientes longitudinais (Vannote *et al*., 1980; Allan, 1995). Além disso, permite a dispersão de estágios imaturos de invertebrados aquáticos e, assim, favorece a colonização de novos habitats a jusante de barramentos hidrelétricos (Callisto & Goulart, 2005).

A geomorfologia do canal de um rio e a diversidade de habitats são grandemente determinados pela correnteza (Richter *et al*., 2003). A velocidade da correnteza pode agir sobre a natureza do substrato, resultando em um substrato mais homogêneo na proximidade de barragens. A redução da heterogeneidade de substratos reduz a diversidade de habitats disponíveis para os macroinvertebrados, acarretando a diminuição de sua abundância e diversidade (Voelz & McArthur, 2000; Viana, 2002).

No fundo de ecossistemas aquáticos vivem as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, que participam ativamente nos processos de ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, com grande importância em cadeias alimentares e de detritos (Callisto & Esteves 1998; Cummins, 1989). O estudo da ecologia de comunidades bentônicas na perspectiva de bioindicadores de qualidade de água é uma importante ferramenta para avaliação de mudanças e alterações nos habitats aquáticos (Callisto *et al*, 2001).

Os sucessivos pulsos de vazão decorrentes da operação de uma Usina Hidrelétrica (UHE) podem prejudicar os ecossistemas aquáticos a jusante devido às rápidas modificações na profundidade e velocidade da água, erosão do substrato e mudanças na qualidade da água (Lavandier *et al.*, 1996). Flutuações rápidas e frequentes no fluxo podem constituir o principal fator de diminuição da abundância e diversidade de macroinvertebrados em áreas próximas à UHE (Cushman, 1985; Camargo & Voelz, 1998). Alguns estudos têm observado acentuadas reduções e até mesmo a eliminação de comunidades de macroinvertebrados nas seções próximas à região de descarga de UHEs (Growns & Growns, 2001; Vinson, 2001; House, 2002).

Em um fenômeno conhecido como "drift" insetos e outros invertebrados aquáticos deslocam-se rio abaixo transportados pela correnteza, ativa ou passivamente (Brittain & Eikeland, 1988). O "drift" de invertebrados é um fenômeno comum em ecossistemas aquáticos (Allan, 1995), e pode ser o resultado de vários fatores incluindo: (1) alterações na vazão e velocidade da água (Poff & Ward, 1991); (2) presença de predadores bentônicos (Huhta *et al.*, 2000); (3) modificações nas características físicas e químicas da água (Brittain & Eikeland, 1988); e (4) redistribuição das populações de invertebrados em função de pressões competitivas (Brittain & Eikeland, 1988).

Invertebrados à deriva são provenientes do bentos e ficam pouco tempo na coluna d'água, não havendo portanto uma fauna típica em "drift" (Waters, 1972). Inúmeros grupos de invertebrados da fauna bentônica podem ser capturados no "drift", mas alguns táxons são particularmente comuns. Entre os insetos, muitos Ephemeroptera, Diptera (principalmente Simuliidae), e alguns Plecoptera e Trichoptera são comuns no drift (Allan, 1995; Boyero et al., 2005; Callisto & Goulart, 2005).

Vários invertebrados são observados no "drift" quando a velocidade da correnteza é manipulada a jusante de barramentos hidrelétricos (Ciborowski, 1977). Isso pode explicar o aumento observado nas densidades no "drift" que ocorrem durante a fase inicial de períodos de enchentes (Zelinka, 1976; Crisp & Robson, 1979). Em rios regulados por barramentos hidrelétricos, o "drift" de invertebrados pode ser afetado por alterações na vazão. No entanto, constantes alterações no fluxo parecem ter menor efeito sobre o "drift" de invertebrados se comparadas a mudanças de vazão depois de um longo período de vazões estáveis (Irvine, 1985; Perry & Perry, 1986). Constantes alterações no fluxo selecionam os organismos mais adaptados às variações na vazão, deslocando aqueles menos adaptados.

A modificação da vazão ocorre para atender à maior demanda de energia entre 17 e 22 horas. Assim, diversas barragens retêm parte significativa da vazão afluente no reservatório ao longo do dia, permitindo uma maior geração nesse período, denominado horário de pico. Assim, provavelmente os invertebrados a jusante sincronizam movimentos no "drift", adaptados a alterações hidráulicas. É possível que a composição taxonômica seja mais afetada em períodos de menor

precipitação, pois o volume de água liberado a jusante de barramentos pode apresentar maior amplitude de variação do que em períodos de chuvas abundantes.

Ao contrário do que é observado em regiões temperadas, o "drift" de invertebrados em rios tropicais é um processo ainda pouco estudado (Flecker, 1992; Ramirez & Pringle 1998; Callisto & Goulart, 2005). Buscando contribuir com uma abordagem biológica utilizando macroinvertebrados como bioindicadores para a parametrização de vazões ecológicas e visando a conservação da biodiversidade aquática, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de flutuações de vazão sobre o "drift" de macroinvertebrados a jusante de uma usina hidrelétrica, comparando períodos de chuvas e seca.

2- MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudos

O trabalho foi desenvolvido a jusante da Usina Hidrelétrica de Itutinga, bacia do Rio Grande, estado de Minas Gerais (coordenadas geográficas: 0535485 76472360, 23K UTM). O Rio Grande nasce na Serra da Mantiqueira, em Bocaina de Minas, e percorre 1.306 km até o Rio Paranaíba, formando o Rio Paraná. É um importante fator de desenvolvimento no Estado de Minas Gerais pelo seu potencial hidroenergético, pesqueiro e turístico.

Nessa usina foi realizado o controle das vazões vertidas, gerenciado pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), de modo a avaliar a influência de diferentes vazões sobre as comunidades a jusante do barramento hidrelétrico, no âmbito de um Projeto P&D ANEEL (GT-203). Esta abordagem é parte da colaboração de pesquisadores da UFMG, UFLA e CEFET-MG visando utilizar indicadores biológicos na perspectiva de parametrização de vazões ecológicas (ou vazões ambientais).

Procedimentos

Foram realizadas duas campanhas de coleta, sendo uma no período de chuvas (janeiro/2010) e outra no período de seca (julho/2010). Nos dois períodos, durante 30 dias, foi mantida uma vazão constante referente a 100% da média histórica, com valores de 380 $m^3.s^{-1}$ para o período chuvoso e de 100 $m^3.s^{-1}$ para o período de seca. Após os 30 dias de vazão estabilizada foram realizadas

amostragens contínuas ao longo de 4 dias, tanto no período de chuvas quanto no de seca (Figuras 1 e 2).

Após esse período de coleta foram iniciadas flutuações diárias na vazão, no intervalo das 17 às 22 horas, simulando a operação de ponta da usina. No período de chuvas esses valores variaram de 380 $m^3.s^{-1}$ a 430 $m^3.s^{-1}$ e, no período de seca, de 100 $m^3.s^{-1}$ a 180 $m^3.s^{-1}$. Assim foram realizados mais 4 dias de amostragens durante os períodos de vazões flutuantes, nos mesmos períodos sazonais.

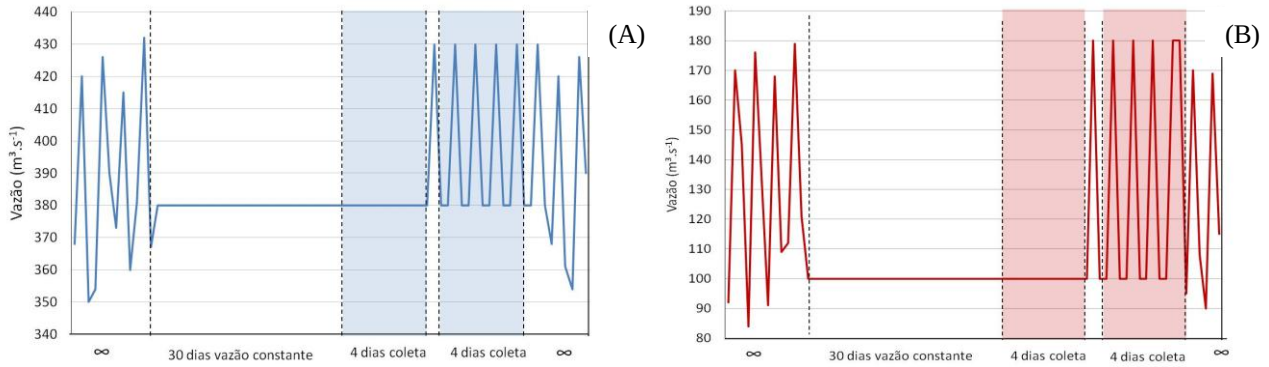

Figura 1: Valores de vazão e períodos em que as coleta foram realizadas no Rio Grande a jusante da UHE de Itutinga, nos períodos de chuvas (A) e seca (B).

Por questões operacionais na UHE de Itutinga, o aumento no fluxo foi realizado de forma gradual, e não abruptamente. O início do aumento do fluxo deu-se às 17 horas, sendo que o volume máximo vertido pela usina foi atingido às 18:30. A partir das 20:30 foi iniciado o processo de redução do volume vertido, alcançando o valor de descarga inicial por volta das 22 horas.

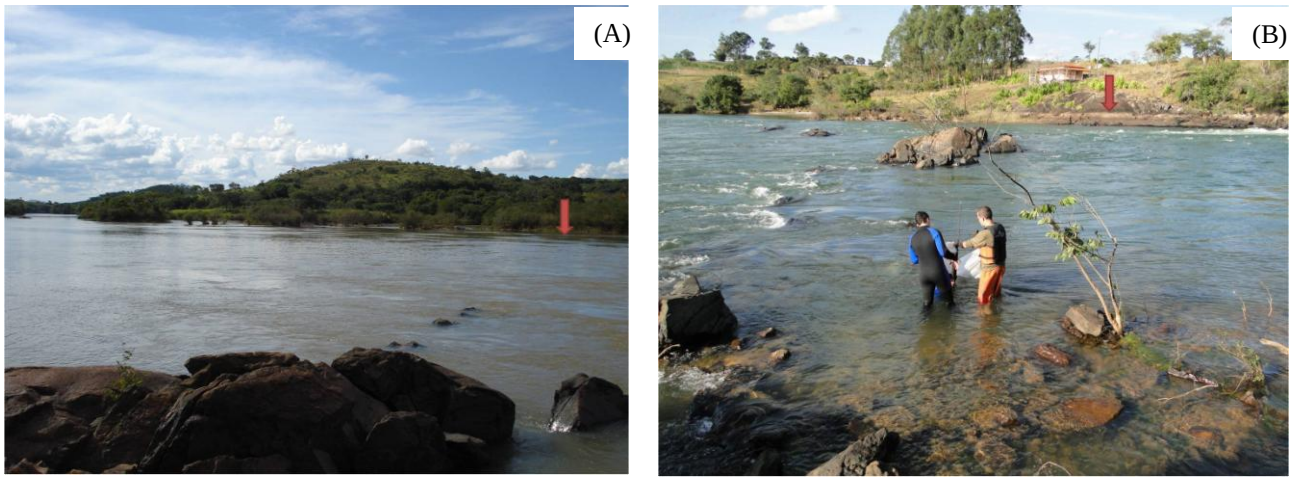

Figura 2: Fotografias da área de estudos no Rio Grande, a jusante da UHE de Itutinga, nas épocas de chuvas (A) e seca (B) de 2010. As setas vermelhas indicam referencial na margem, ilustrando oscilação do nível d'água como reflexo da alteração de vazão no trecho estudado.

Para a coleta dos macroinvertebrados no “drift” foram instaladas 5 redes (1600cm^2 de área e malha de 250µm), em um local 5 km a jusante da UHE de Itutinga, parcialmente submersas (60%) na coluna d’água. As redes foram fixadas 24h por dia, com amostragens individuais a cada 8h (manhã - tarde - noite).

O material retido nas redes foi coletado, lavado em campo sobre peneira com malha de 250µm e fixado em álcool 70%. No laboratório estas amostras foram triadas sobre bandejas transiluminadas e os organismos identificados até o menor nível taxonômico possível, segundo bibliografia específica (Pérez, 1988; Merritt & Cummins, 1996; Costa *et al*., 2006; Mugnai *et al*., 2010) (Figura 3).

A velocidade na coluna d’água (m.s^{-1}) foi mensurada com um fluxômetro no início e ao final da coleta do material retido em cada rede de “drift”, em intervalos de 8 horas. A vazão (m^3.s^{-1}) foi calculada multiplicando a área da rede submersa e velocidade da água, dividindo pelo tempo de amostragem. Desta forma foi possível calcular o volume total de água filtrada (m^3) em cada rede de “drift” e a densidade (ind.m^{-3}) de invertebrados por amostra.

Figura 3: Redes de “drift” utilizadas para as coletas de macroinvertebrados bentônicos (A e B); coleta do material retido nas redes (C e D).

A riqueza taxonômica foi estimada como o número total de diferentes táxons encontrados em cada amostra. A diversidade e equitabilidade foram calculados usando os índices de Shannon-Wiener e Pielou, respectivamente (Magurran, 2011). Análises de nMDS e ANOSIM foram realizadas para testar diferenças na composição taxonômica de invertebrados aquáticos no "drift" durante as alterações de vazão nos períodos de chuvas e seca. Diferenças na riqueza, diversidade, equitabilidade e densidade foram avaliadas através de Análise de variância (ANOVA two-way). Os dados foram transformados por raiz quadrada e a análises estatísticas foram realizadas utilizando os programas Primer 6 e Statistica 8.0.

3- RESULTADOS

Nas duas campanhas foram coletados 31.924 organismos, distribuídos em 46 táxons. Destes, 8.872 indivíduos em 44 táxons foram coletados no período de chuvas e 23.052 em 33 táxons coletados no período de seca.

As análises estatísticas evidenciaram diferenças significativas na composição e estrutura dos macroinvertebrados em "drift" nas amostragens realizadas entre os períodos de vazão fixa e vazões flutuantes.

As coletas realizadas no período de chuvas com vazão fixa foram dominadas por Simuliidae (30,1%), Chaoboridae (23,5%), Hydropsychidae (21,5%) e Chironomidae (9,9%). No período de flutuações diárias houve mudança na composição taxonômica de invertebrados no "drift", dominada por Hydropsychidae (38,2%), Chaoboridae (26,5%), Chironomidae (12,1%) e Simuliidae (5,9%). Houve também redução na riqueza taxonômica, de 38 táxons no período de vazão fixa para 35 táxons coletados no período de vazões flutuantes.

Na coleta realizada no período de seca com vazão fixa foi observado o domínio de Simuliidae (92,2%), seguido por Chironomidae (2,3%), Leptophlebiidae (1,4%) e Chaoboridae (1,1%). Durante as flutuações diárias não houve mudança na composição dos invertebrados no "drift", que continuou dominada por Simuliidae (86,4%), Chironomidae (4,0%), Chaoboridae (2,7%) e Leptophlebiidae (2,1%). Também não foi observada mudança significativa na riqueza taxonômica, com 27 táxons no período de vazão estável e 28 táxons no período de vazões flutuantes.

As análises de nMDS e ANOSIM evidenciaram diferenças significativas na composição taxonômica de invertebrados no "drift" durante as alterações de vazão tanto no período de chuvas

(Stress = 0,1 ; Global R = 0,406 ; p<0,05) quanto no período de seca (Stress = 0,04 ; Global R=0,257 ; p<0,05) (Figura 4).

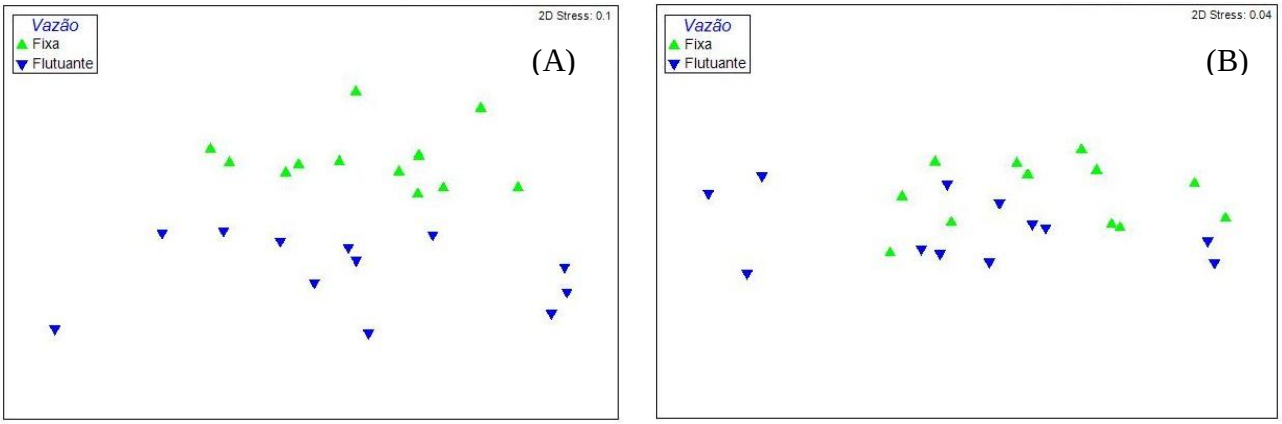

Figura 4: Análises de nMDS nos períodos de chuvas (A) e seca (B) de 2010 a jusante da UHE de Itutinga, Rio Grande-MG.

A análise da estrutura de invertebrados presentes no "drift" evidenciou diferenças na densidade de invertebrados (ANOVA two-way, $F_{2,18}$ = 5,5674, p = 0.013) entre os períodos de vazão fixa e de vazões flutuantes no período de chuvas. O teste de Tukey mostrou que essa variação na densidade foi observada principalmente na coleta realizada no período da manhã (7 horas), que corresponde ao "drift" de invertebrados ocorrido no período noturno (23 às 7 horas). Quanto aos valores de riqueza, diversidade e equitabilidade não foram encontradas diferenças significativas entre os períodos de vazão fixa e de vazões flutuantes nas coletas realizadas no período de chuvas.

No período de seca foi encontrada diferença significativa somente nos valores de diversidade (ANOVA two-way, $F_{2,18}$ = 4.4424, p = 0.02). Não foram encontradas diferenças significativas entre os períodos de vazões fixas e flutuantes na estação seca para os valores de riqueza, densidade e equitabilidade.

4- DISCUSSÃO

As mudanças na vazão podem causar distúrbios físicos e modificar habitats aquáticos, alterando a atividade diária de macroinvertebrados bentônicos carreados pela correnteza (Waters, 1972). Mudanças na vazão a jusante de barramentos hidrelétricos podem induzir o aumento na taxa de invertebrados no "drift" (organismos por tempo) ou em sua densidade (organismos por volume)

(Poff & Ward, 1991; Imbert & Perry, 2000). Essas mudanças podem acontecer em decorrência do aumento ou da diminuição da vazão (Poff & Ward, 1991).

Em geral, a maioria dos estudos avaliando a influência de mudanças de vazão sobre o "drift" de invertebrados aponta correlação positiva entre o aumento do fluxo e o aumento da densidade de invertebrados no "drift" (Elliott 1968, Brooker & Hemsworth 1978, Dance & Hynes 1979, O'Hop and Wallace 1983, Cuffney & Wallace 1989). Na UHE de Itutinga foi observado um aumento na densidade de invertebrados no "drift" nas coletas realizadas no período de chuvas no momento em que houve aumento na vazão.

A modificação na composição de invertebrados em "drift" pode estar relacionada ao aumento de velocidade da água que aumenta o efeito de lavagem do substrato (Brittain & Eikeland, 1988). Esse processo pode aumentar a chance de deslocamento, principalmente quando os organismos estão ativos, bem como removê-los de seus refúgios ou deslocando-os de seus habitats (Mackay & Kalff, 1973; Ciborowski, 1983).

Modificações na composição de invertebrados no "drift" ocorreram principalmente no período noturno, onde diferenças significativas na densidade de organismos coletados nesse período entre as diferentes vazões foram encontradas. Uma alteração freqüente nos padrões de fluxo aumenta as densidades de organismos no "drift" pelo aumento dos picos de abundância no período da noite (Perry & Perry, 1986).

Os diferentes estágios de desenvolvimento e histórias de vida das espécies aquáticas podem variar amplamente em sua susceptibilidade à entrada no "drift". Diferenças na susceptibilidade às mudanças na vazão frequentemente resultam em diferenças na composição do "drift" entre períodos de vazões flutuantes (Dance and Hynes, 1979). As análises de nMDS realizadas evidenciaram que houve mudanças na composição de invertebrados no "drift" devido às alterações na vazão da UHE de Itutinga tanto no período de chuvas quanto no período de seca.

Essas mudanças observadas devem estar ligadas ao hábito de vida dos organismos e características do ciclo de vida das espécies. A mudança na densidade de Hydropsychidae e Simuliidae encontrados no "drift" no período de chuvas apresentou semelhanças com os dados encontrados por Elliott (1968) e Chance & Craig (1986), respectivamente. No trabalho de Elliott desenvolvido em um riacho na Grã-Bretanha foi encontrada correlação entre o "drift" de Trichoptera e aumento da vazão, pois estes organismos são menos adaptados às variações na correnteza. No estudo de Chance & Craig (1986) foi evidenciado que os Simuliidae são mais improváveis de ser passivamente deslocados sobre mudanças moderadas na vazão dado seu sofisticado controle hidrodinâmico e adaptações morfológicas a manter-se no substrato. As larvas desta família de

Diptera são coletoras-filtradoras e alimentam-se de partículas de matéria orgânica particulada fina transportadas na coluna d'água.

As diferenças nos índices de equitabilidade e diversidade entre os períodos de chuva e seca podem estar relacionados, provavelmente, ao ciclo de vida e períodos reprodutivos dos invertebrados aquáticos. Os baixos valores de equitabilidade e diversidade encontrados na época de seca estão relacionados ao predomínio numérico de poucos grupos de organismos (p.ex. Simuliidae com 90% da abundância total).

A dinâmica do "drift" de invertebrados em rios tropicais é um assunto ainda pouco estudado e seu entendimento é importante para compreender melhor a ecologia de comunidades de organismos aquáticos e suas necessidades quanto a habitats físicos. Assim como demonstrado nos trabalhos de Schreiber (1995) e Shearer *et al.* (2002), o "drift" de invertebrados aquáticos em regiões temperadas pode ter dinâmicas diferentes em comparação com as regiões tropicais. A diversidade e densidade de invertebrados no "drift" representam importante recurso alimentar para a ictiofauna. Mudanças na vazão a jusante de barramentos podem interferir na alimentação de espécies de peixes e, potencialmente, em sua biologia (Maroneze *et al*., 2011).

Devido a dificuldades experimentais e econômicas na manipulação de vazão em usinas hidrelétricas, esse mesmo estudo não pôde ser realizado em outros empreendimentos hidrelétricos no mesmo período. Porém recomenda-se que esta abordagem de estudo de macroinvertebrados em "drift" seja desenvolvida a jusante de outros barramentos para que os dados possam ser comparados e metodologias de monitoramento dos impactos sejam estabelecidas e ajustadas às realidades regionais em cada bacia hidrográfica. Um melhor entendimento dos efeitos de mudanças de vazão nos invertebrados aquáticos é necessário para que as pesquisas possam subsidiar as ações e recomendações das autoridades e tomadores de decisão em função de diminuir os efeitos a jusante de barramentos. Desta forma, a colaboração entre o setor hidrelétrico e pesquisadores pode contribuir para minimizar os efeitos ecológicos de manipulação de vazão sobre a biota aquática a jusante de barramentos hidrelétricos.

5- CONCLUSÃO

As mudanças observadas na estrutura e, principalmente, na composição de invertebrados no "drift" refletem o impacto que a comunidade de macroinvertebrados bentônicos sofre com as flutuações de vazão decorrentes da operação da usina hidrelétrica. Essas mudanças podem causar distúrbios em todo o ecossistema aquático, pois os macroinvertebrados participam ativamente de

processos ecológicos como a ciclagem de nutrientes e são link primário entre seus recursos alimentares e níveis tróficos superiores, incluindo peixes e aves aquáticas.

Nossos dados mostram que o maior arraste de macroinvertebrados ocorre principalmente no período de chuvas nos momentos em que há alterações nas vazões decorrentes da operação da UHE. Esse maior arraste pode causar desequilíbrio nas cadeias alimentares, tanto nas regiões próximas aos barramentos, pela diminuição dos invertebrados no sedimento, quanto nas regiões mais a jusante, pela maior quantidade de invertebrados deslocados, que são alimento para os peixes.

O estudo de perturbações ecológicas causadas por operação de usinas hidrelétricas é essencial para a conservação da biodiversidade, porém requer pesquisas de longa duração, com o uso de diferentes metodologias, que em conjunto vão ajudar na elaboração de estratégias para o estabelecimento de vazões ecológicas, propiciando a geração de energia elétrica de maneira sustentável e com menor impacto ao meio ambiente.

6- AGRADECIMENTOS

Agrademos ao Programa P&D ANEEL/CEMIG (GT-203) pelo financiamento do projeto, à FAPEMIG pelo suporte financeiro, ao CNPq e CAPES pelo apoio. Este manuscrito é parte da dissertação de mestrado de Diego M. P. Castro no Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais.

7- BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A.A.; Gomes, L.C.; Pelicice, F.M. (2007). *Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil*. Maringá. 501 p.

ALLAN, J. D. (1995). *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, 388p.

BOYERO, L.; VALLADOLID, M.; ARAUZO, M. (2005). *Dynamics of Invertebrate Benthic Communities and Drift in a Regulated River of Central Spain.* International Review of Hydrobiology 90, pp. 392-411

BRITTAIN, J. E.; EIKELAND, T. J. (1988). *Invertebrate drift – a review.* Hydrobiologia 166, pp. 77–93

BROOKER, M. P., HEMSWORTH, R. J. (1978). *The effect of the release of an artificial discharge of water on invertebrate drift in the River Wye, Wales*. Hydrobiologia 59(3), pp. 155-163.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. (1998). *Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na amazônia central (Brasil)*. Oecologia Brasiliensis, *5*, pp. 223-234.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. (2001) *Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramentas para Avaliar a Saúde de Riachos*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 6 n.° 1, pp. 71-82.

CALLISTO, M.; GOULART, M. (2005). *Invertebrate drift along a longitudinal gradient in a Neotropical stream in Serra do Cipó National Park, Brazil*. Hydrobiologia, 539, pp. 47-56

CAMARGO, J.; VOELZ, N. (1998). *Biotic and abiotic changes along the recovery gradient of two impounded rivers with different impoundment use*. Environmental Monitoring and Assessment 50, pp. 143–158.

CHANCE, M. M., CRAIG, D. A. (1986). *Hydrodynamics and behavior of Simuliidae larvae (Diptera)*. Canadian Journal of Zoology. *64, pp. 1295-1309.*

CIBOROWSKI, J. J. H.; POINTING, P. J.; CORKUM, L. D. (1977). *The effect of current velocity and sediment on the drift of the mayfly Ephemerella subvaria McDunnough*. Freshwater Biology 7, pp. 567-572

CIBOROWSKI, J. J. H., (1983). *Influence of current velocity, density, and detritus on drift of two mayfly species (Ephemeroptera)* . Canadian Journal of Zoology . 61, pp. 119-125 .

CRISP, D. T.; S. ROBSON, (1979). *Some effects of discharge upon the transport of animals and peat in a north Pennine headstream*. Journal of Applied Ecology 16, pp. 721-736

CUFFNEY, T. F., WALLACE, J. B. (1989). *Discharge-export relationships in headwater streams: the influence of invertebrate manipulations and drought*. Journal of North American Benthological Society 8(4), pp. 331-341.

CUMMINS, K.W.; WILZBACH, M.A.; GATES, D.M.; PERRY, J.B.; TALIAFERRO, W.B. *Shredders and riparian vegetation*. (1989) Bioscience. Washington, v. 39, n. 1, pp. 24-30,

CUSHMAN, R.M. (1985). *Review of the ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities.* North American Journal of Fisheries Management 5(3), pp. 330–339.

ELLIOTT, J.M. (1968). *The life histories and drifting of Thichoptera in a Dartmoor stream.* Journal of Animal Ecology 37, pp. 615-625

DANCE, K.W., HYNES, H.B.N. (1979). *A continuous study of drift in adjacent intermittent and permanent streams*. Archiv für Hydrobiologie 87(3), pp. 253-261.

GROWNS, I.; GROWNS, J. (2001). *Ecological effects of flow regulations on macroinvertebrate and periphytic diatom assemblages in the Hawkesbury, Nepean River, Australia*. Regulated Rivers: Research and Management 17, pp. 275–293.

HAY,C.H.; FRANTI, T.G.; MARX, D.B.; PETERS, E.J; HESSE, L.W. (2008). *Macroinvertebrate drift density in relation to abiotic factors in the Missouri River*. Hydrobiologia, 598, pp. 175–189

HOUSE, D. (2002). *Waterpower project: science information report.* Watershed Science Centre Report: WSC.01.04. Watershed Science Centre. pp. 48

IRVINE, J. R.; HENRIQUES, P. R. (1984). *A preliminary investigation on effects of fluctuating flows on invertebrates of the Hawea River, a large regulated river in New Zealand*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 18(3), pp. 283-290

IRVINE, J. R. (1985). *Effects of successive flow perturbations on stream invertebrates*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42, pp. 1922-1927

MACKAY, R . J., KALFF, J. (1973). *Ecology of two related species of caddis fly larvae in the organic substrates of a woodland stream* . Ecology 54, pp. 499-511

MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. (2011). *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment.* Oxford University Press, USA

MARONEZE, D. M.; TUPINAMBÁS, T. H.; ALVES, C. B. M.; VIEIRA, F.; POMPEU, P. S.; CALLISTO, M. (2011). *Fish as ecological tools to complement biodiversity inventories of benthic macroinvertebrates*. Hydrobiologia

MERRITT, R. W.; CUMMINS K. W.; BURTON T. M., (1984). *The role of aquatic insects in the processing and cycling of nutrients*. In Resh, V. H. & D. M. Rosenberg (eds), *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger, New York: pp. 134-163.

NILSSON, C.; JANSSON, R.; ZINKO, U. (1997). *Long-term response of rivermargin vegetation to water-level regulation*. Science 276, pp. 798– 800

NILSSON, C.; REIDY, C.A.; DYNESIUS, M.; REVENGA, C. (2005). *Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems*. Science, 308, pp. 405–408.

O'HOP, J., WALLACE, J. B. (1983). *Invertebrate drift, discharge, and sediment relations in a southern Appalachian headwater stream*. Hydrobiologia 98, pp. 72-84.

PERRY, S. A.; PERRY W. B. (1986). *Effects of experimental flow regulation on invertebrate drift and stranding in the Flathead and Kootenai Rivers, Montana, USA.* Hydrobiologia 134, pp.171-182

PETTS, G. E. (1984). *Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management*. Environmental Monographs and Symposia. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

POFF, N. L. R.; WARD, J. (1991). *Drift responses of benthic invertebrates to experimental streamflow variation in a hydrologically stable stream.* Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, *48*(10), pp. 1926–1936

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. D.; KARR, J. R.; PRESTEGARRD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. (1997). *The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration*. Bioscience 47, pp. 769–784.

RAMIREZ, A., PRINGLE, C.M.. (1998). *Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland tropical stream, Costa Rica*. Hydrobiologia 386, pp. 19-26.

STEELE, R.; SMOKOROWSKI, K. (2000). *Review of literature related to the downstream ecological effects of hydroelectric power generation*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2334. Fisheries and Oceans Canada. 34–36.

VANNOTE, L. R.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E.; (1980). *The river continuum concept*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37, pp. 130–137.

VIANA, J. (2002). *Physical and chemical post-dam alterations in the Jamari River, a hydroelectric-developed river of the Brazilian Amazon*. Hydrobiologia 472, pp. 235–247.

VINSON, M. R. (2001). *Long-term dynamics of an invertebrate assemblage downstream from a large dam*. Ecological Applications 11, pp. 711– 730.

VOELZ, N.; McArthur, J. (2000). *An exploration of factors influencing lotic insect species richness.* Biodiversity and Conservation 9, pp. 1543–1570.

WARD, J. V.; STANFORD, J.A. (1983). *The serial discontinuity concept of lotic ecosystems*. In FONTAINE, T. D. & S. M. BARTELL (eds), *Dynamics of Lotic Ecosystems*. Ann Arbor Science, Ann Arbor: pp. 29–42.

WATERS, T. F. (1972). *The drift of stream insects*. Annual Reviews of Entomology. 17, pp. 253-272

ZELINKA, M. (1976). *Mayflies (Ephemeroptera) in the drift of trout streams in the Beskydy Mountains (Czechslovakia)*. Acta Entomologica Bohemoslovaca 73, pp. 94-101.