



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GIA 27  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO XI**

### **GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS – GIA**

#### **ESTUDO ICTIOFAUNÍSTICO PARA VIABILIDADE AMBIENTAL DE PEQUENOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS: UMA NOVA ABORDAGEM PARA AVALIAÇÃO EM ESCALA DE BACIA**

**Daniela Chaves Resende<sup>1</sup> \***

**Anderson Oliveira Latini<sup>1</sup>**

**Ricardo Figueira<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> CENTRO UNIVERSITÁRIO DO LESTE DE MINAS GERAIS**

**<sup>2</sup> RIO DAS VELHAS CONSULTORIA EM MEIO AMBIENTE**

## **RESUMO**

Apresentou-se uma nova abordagem no estudo da ictiofauna através da análise em escala de bacia hidrográfica. No Estudo de Impactos Ambientais da PCH Fortuna II, bacia do rio Santo Antônio, MG, foram amostrados 8 pontos na AI do empreendimento e 7 pontos fora da AI, considerada como área controle.

A ictiofauna da AI é semelhante e a riqueza de espécies foi menor do que a observada na região controle. Isto indica que a AI não possui peculiaridades ecológicas na ictiofauna. Análises incluindo a bacia aumentam a segurança nas decisões tomadas mediante o estabelecimento de empreendimentos como este.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Ictiofauna, Ecologia, Impactos Ambientais, Bacia, Controle

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Os peixes são um numeroso e importante grupo de vertebrados que responde a alterações na composição, na quantidade de recursos e nas condições específicas no meio onde vivem e, por isto, podem constituir um interessante indicador na avaliação e no estudo de impactos que incidem sobre os ecossistemas aquáticos. Assim, a composição e a estrutura de uma comunidade de peixes podem ser reguladas por diversos fatores (1), entre eles, as condições abióticas na coluna d'água (2) e a disponibilidade de recursos no habitat onde vivem (3). Estes fatores apresentam combinações muito complexas, tornando estes vertebrados susceptíveis a diversas alterações ambientais.

Algumas comunidades ou grupos específicos de peixes podem ter peculiaridades como a ocorrência de espécies endêmicas (com distribuição exclusiva na área determinada pelo estudo) ou uma elevada diversidade (grande número de espécies e distribuição de abundância mais equitativa), além de importância social ou econômica e, por isto, demandam atenção maior para a sua conservação (4). Peculiaridades como estas tornam necessários estudos para a mitigação das influências negativas de qualquer empreendimento sobre as espécies que abrigam a região.

Barragens são elementos típicos da construção de empreendimentos hidrelétricos e representam uma perturbação local e um considerável impacto regional para as comunidades de peixes. À montante de um barramento, um ambiente lótico é transformado em um ambiente lêntico, o que reduz as vantagens adaptativas de espécies dependentes de ambientes lóticos anteriormente existentes. Ao mesmo tempo, esta mudança de ambiente aumenta as chances de estabelecimento de outras espécies, típicas de sistemas lênticos e que antes não ocorriam aí ou ocorriam com baixa abundância. À jusante há a redução de vazão d'água, o que afeta o comportamento hidrológico do curso d'água por um longo trecho. Estas alterações nos corpos d'água podem impedir processos biológicos importantes para a persistência local e regional de peixes, como por exemplo,

daqueles que migram durante a estação reprodutiva para desovarem em locais a montante da posição de implantação dos barramentos.

A diversidade de fatores que regulam as comunidades de peixes os torna susceptíveis às alterações nas condições físico-químicas nos ambientes lóticos e, conseqüentemente, à mudança de um trecho do rio de uma condição lótica para uma condição lêntica. Estas alterações tendem a levar ao declínio populacional de algumas das espécies nativas (5), à explosão populacional de espécies não desejáveis, como as exóticas (6) e ao impedimento da reprodução de espécies migradoras (7). Apesar disto, o desenvolvimento da sociedade humana implica na necessidade de geração de energia elétrica e, por isto, são necessários estudos que possibilitem um balanço entre os pontos positivos e negativos provenientes da instalação de um empreendimento hidrelétrico.

O licenciamento ambiental é um procedimento para a regulamentação da geração de energia hidrelétrica e assegurar ao meio ambiente a nulidade ou atenuação de impactos negativos sobre os meios físico, socioeconômico e biótico. Focando a luz deste raciocínio sobre a comunidade de peixes, torna-se fundamental no processo de licenciamento ambiental identificar os trechos de bacias hidrográficas que merecem atenção especial para a sua conservação. Entre os fatores preponderantes devem estar a riqueza em espécies, o caráter endêmico de populações, a existência de fauna migradora e a importância social ou econômica que determinadas espécies de peixes podem representar.

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma nova abordagem para a aferição da importância de trechos lóticos a serem barrados para a ictiofauna. Esta abordagem trata de uma análise sobre a riqueza e a diversidade de peixes em escala de bacia, que deve ser complementar ao apontamento de peixes migradores, endêmicos e de peixes importantes para a pesca regional para o licenciamento ambiental.

## 2.0 - O ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

### 2.1 Realização das Coletas

O estudo foi executado durante a composição do Estudo de Impactos Ambientais referente à implantação da Pequena Central Hidrelétrica Fortuna II no rio Corrente Grande, bacia do rio Doce, MG. As pescas foram executadas no período seco de 2004 e chuvoso de 2006. Amostramos 8 pontos no rio principal e em riachos na área de influência (AI) da PCH Fortuna II e 7 pontos distribuídos em rios e riachos na bacia do rio Doce, incluindo o rio do Peixe, o rio Guanhães e o rio Santo Antônio. Estes 7 pontos forneceram a requisitada escala espacial de bacia hidrográfica às análises (Figura 1). Dois conjuntos de 8 redes de espera de malhas entre 15 e 80mm entre nós adjacentes, foram expostos por 14h e geraram um esforço padrão de amostragem de  $3.584 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Nos riachos, foram amostrados trechos de 20m lineares, com o posicionamento de redes nas extremidades e o uso de um esforço de 2 homens/hora munidos de peneiras para explorarem o ambiente. Nestes trechos posicionou-se 2 redes de espera de malhas 15 e 20mm, para a captura de peixes em fuga. Os peixes foram conservados em formalina a 10% e identificados em laboratório. Após a tabulação dos dados obtidos, foram obtidos a CPUE em número e peso, a riqueza, a diversidade e a dissimilaridade entre os pontos amostrados para avaliar a ictiofauna na ADA e AI da PCH.

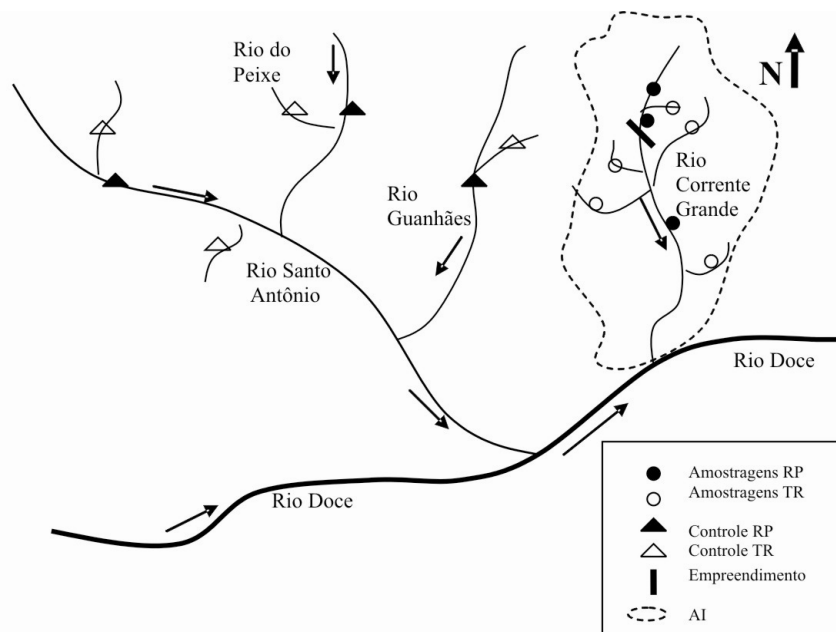


Figura 1: Delineamento amostral dentro e fora da área de influência (AI) da PCH Fortuna II, bacia do rio Doce, MG.

## 2.2 Análise Exploratória das Amostras

Todos os dados obtidos das amostras com redes de espera foram analisados através do cálculo da captura por unidade de esforço (CPUE), tanto em termos do número de indivíduos capturados ( $CPUE_n$  – estimador da abundância populacional) como do peso total ( $CPUE_p$  - estimador da biomassa). O cálculo da CPUE é um procedimento padrão que permite a comparação padronizada das capturas de peixes em diferentes situações de esforço amostral e pode ser calculado através das seguintes equações:

$$\text{CPUE em número: } CPUE_n = \sum_{r=1}^n (N_r / EP_r) \times 100$$

$$\text{CPUE em peso: } CPUE_p = \sum_{r=1}^n (P_r / EP_r) \times 100$$

Onde,  $N_r$  é o número total de peixes capturados na malha de número  $r$ ,  $P_r$  é o peso total de peixes capturados na malha de número  $r$ ,  $EP_r$  é o esforço de pesca representado por rede empregada e  $r$  é a malha da rede empregada.

A comparação da diversidade da comunidade na região do empreendimento com a comunidade de outras regiões da micro-bacia foi feita através do cálculo do índice de Shannon (8). Este índice foi calculado para cada amostra separadamente, o que permite uma estimativa da variância da amostragem. O cálculo do índice de Shannon pode ser descrito por:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i \text{ sendo,}$$

$$p_i = \frac{n_i}{N};$$

Onde,  $n_i$  é o número de indivíduos da espécie  $i$  e  $N$  é o número de indivíduos total capturado na amostra.

Após o cálculo do índice de diversidade para as amostras, foi elaborada uma matriz para o cálculo da dissimilaridade entre os pontos amostrados, o que permitiu uma avaliação do grau de importância da área do empreendimento para a manutenção da riqueza e diversidade de peixes na micro-bacia. A dissimilaridade entre os pontos foi estimada através do cálculo da Distância Euclidiana; que consiste na distância geométrica dos pontos em uma escala multidimensional (8). Este índice tem a propriedade de não ser afetado por dados naturalmente fora da distribuição natural, provenientes de erros ou sub-amostragens. A Distância Euclidiana pode ser calculada através da equação:

$$\text{Distância\_Euclidiana}(x, y) = \left\{ \sum_i (x_i - y_i)^2 \right\}^{1/2}$$

Onde  $x$  e  $y$  são os dois objetos cuja distância é medida.

Uma vez estimada a dissimilaridade, foi realizada uma análise de agrupamento (Análise de Cluster), para a representação gráfica da distância entre os pontos. O agrupamento foi estimado através do método UPGMA (média não pesada por grupo), através do qual a distância entre dois pontos é calculada pela média entre todos os pares de objetos.

## 2.3 Avaliação em Escala de Bacia

Para identificar a importância relativa da área que será afetada pela implantação do empreendimento e aumentar as chances de acerto na avaliação de seus impactos, foi realizada uma comparação da riqueza de peixes nos rios e riachos entre os pontos amostrados na área do empreendimento e os pontos amostrados fora desta área. Para realizar esta comparação, a riqueza das duas áreas foi estimada através do procedimento de Jackknife (9). Este procedimento produz uma estimativa da riqueza de espécies de uma comunidade mais eficaz que a riqueza absoluta observada, por considerar a frequência de espécies raras encontradas nos ambientes (8). Além disto, este procedimento fornece uma estimativa de variância da amostragem, o que permite o cálculo de um intervalo de confiança e, conseqüentemente, um teste estatístico para a comparação entre os locais amostrados. Este teste será apresentado.

Além da avaliação da importância da área do empreendimento em termos de riqueza estimada de espécies, esta avaliação também foi feita através de um estudo da diversidade de espécies, através de uma análise de agrupamentos, utilizando os valores absolutos de abundância das espécies coletadas. Esta análise também foi realizada utilizando o cálculo da Distância Euclidiana e o método UPGMA para o agrupamento dos pontos.

### 2.3 Os Resultados Encontrados

Durante o período da seca foram coletados 293 peixes na AI da PCH e no período de chuvas, 326. Estes peixes pertencem a 18 espécies de 10 famílias. Entre estes não ocorreram espécies endêmicas ou espécies sobre ameaça ou em vias de extinção. As análises mostraram que o número e o peso de peixes além da diversidade de espécies são mais homogêneos no período de chuvas e que no período da seca, os pontos mais a jusante proporcionam maiores capturas e os pontos no rio principal são mais diversos em comparação com os tributários (Tabela 1). O piau vermelho *Leporinus copelandii* foi coletado em todos os pontos amostrados no rio principal. Entretanto, a ocorrência de uma cachoeira com cerca de 20m de queda entre estes pontos, reduz as chances de fluxo migratório, o que pode ser avaliado molecularmente para definir sobre a implantação de mecanismos de transposição.

Tabela 1 – Lista das espécies coletadas na área de implantação da PCH Fortuna II (bacia do rio Doce, MG) com sua respectiva classificação taxonômica e período de coleta.

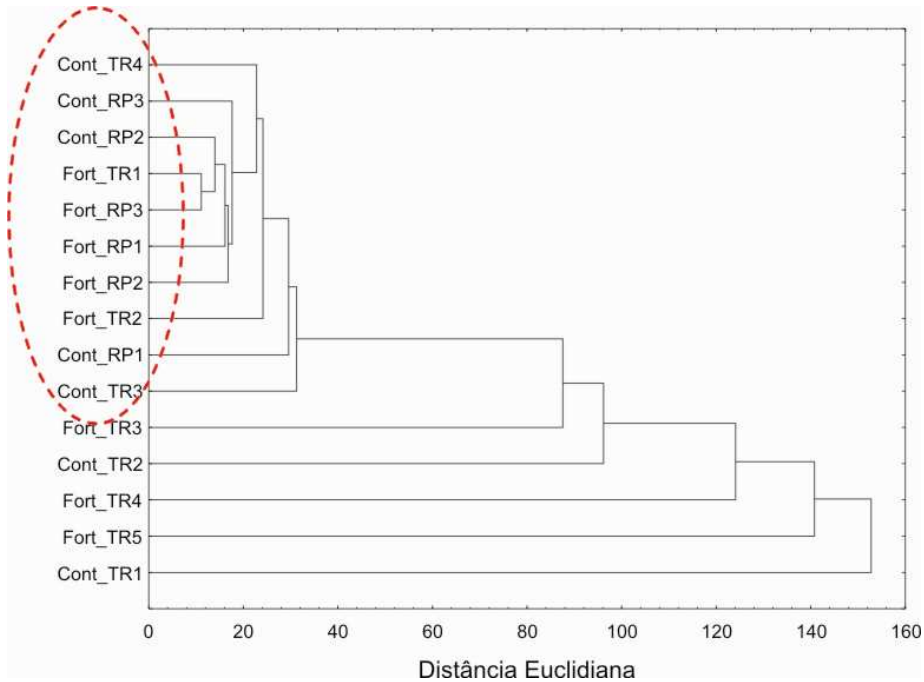
Ordem	Família	Espécie	Nome vulgar	Período
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	Lambari chatinha	Seca e Chuva
		<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	Lambari do rabo vermelho	Seca e Chuva
		<i>Astyanax taeniatus</i> (Jenyns, 1842)	Lambari	Seca
		<i>Astyanax</i> sp.	Lambari	Seca
		<i>Bryconamericus stramineus</i> Eigenmann, 1908	Lambari	Chuva
	Erythrinidae	<i>Oligosarcus argenteus</i> Gunther, 1864	Lambari cachorro	Chuva
		<i>Hoplias lacerdae</i> Miranda Ribeiro, 1908	Trairão	Seca e Chuva
		<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Traíra	Seca e Chuva
	Anostomidae	<i>Leporinus copelandii</i> Steindachner, 1875	Piau vermelho	Seca e Chuva
	Gymnotiformes	Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus, 1758	Sarapó
Perciformes	Cichlidae	<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Cará ou Acará	Seca e Chuva
Siluriformes	Loricaridae	<i>Hypostomus affinis</i> (Steindachner, 1877)	Cascudo	Seca e Chuva
		<i>Hypostomus luetkeni</i> (Steindachner, 1876).	Cascudo	Chuva
	Pimelodidae	<i>Megalonema</i> sp.	Mandi	Seca
	Pseudopimelodidae	<i>Pseudopimelodus</i> sp2	Mandi	Seca
		<i>Pseudopimelodus</i> sp1	Mandi	Seca e Chuva
	Heptapteridae	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Mandi	Chuva
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus herberti</i> (Miranda-Ribeiro 1940)	Bagre	Chuva

Em escala de bacia, foi possível observar que a ictiofauna do rio Corrente Grande é semelhante à observada em outros pontos da bacia, como o rio Santo Antônio e rio do Peixe (Figura 2a), o que pode ser observado pelo agrupamento entre os pontos coletados na região de influência e na região controle (círculo na Figura 2a).

Ainda em escala de bacia, a riqueza de espécies na área de influência da PCH é menor do que a observada na região controle, em riachos e nos rios (Figura 2b). A riqueza de espécies de riachos na região controle foi maior do que ao longo de rios, como o rio Santo Antônio e o rio do Peixe (área controle). Entretanto, esta relação entre riachos e rios não se mantém para as amostras realizadas dentro da área de influência da PCH, onde a riqueza de espécies observada no rio Corrente Grande foi maior do que a dos riachos (Figura 2b).

Estes resultados indicam que a importância da região para conservação da ictiofauna não é expressiva, já que a menor riqueza de espécies foi observada no rio Corrente Grande (Figura 2b). A diversidade de Shannon que obtivemos para as áreas de influência e controle em rios e riachos também apontam que os riachos da região controle são mais diversos ( $H=2,04$ ) que os riachos da área de influência da PCH Fortuna II ( $H=1,98$ ). Da mesma forma, os rios observados na região controle são mais diversos ( $H=2,21$ ) que o rio Corrente Grande, dentro da área de influência da PCH ( $H=2,03$ ).

A)



B)

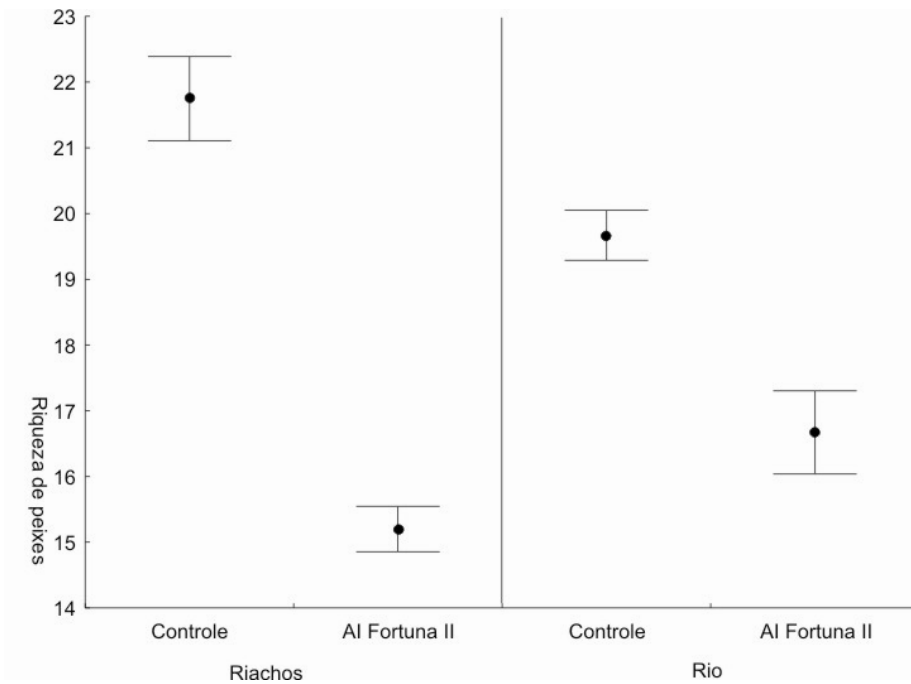


Figura 2: (A): Cluster representativo dos pontos de coleta nos rios (RP) e riachos (TR) dentro (abreviação “Fort” derivada de Fortuna II) e fora (abreviação “Cont” derivada de Controle) da AI da PCH. (B): Número de espécies de peixes estimado pelo método Jackknife para rios e riachos na área controle e na área de influência da PCH Fortuna II na bacia do rio Doce, MG. As barras representam intervalos de confiança de 95%.

A interpretação das análises em escala de bacia permite-nos inferir que o trecho sugerido para a implantação da PCH Fortuna II não possui peculiaridades ecológicas que o distingam do restante da bacia. A riqueza de espécies na AI de PCH Fortuna II é menor tanto em riachos como no rio principal quando comparada à área controle. Diferenças marcantes ocorrem entre pontos de coleta de rio e de riacho dentro das classes AI e controle, o que já era esperado devido às características ecológicas particulares de cada uma destas classes. É possível concluir

que a AI da PCH Fortuna II é relativamente redundante ao restante da bacia em termos de composição e de diversidade ictiofaunística e que possui menor expressão em termos de ictiofauna.

Assim, deparamos nas análises em escala de bacia, com um novo mecanismo adicional que pode contribuir na tomada de decisões sobre impactos de empreendimentos hidrelétricos, aumentando a segurança com que decidimos sobre empreendimentos hidrelétricos sem perder segurança sobre a conservação dos nossos recursos naturais.

### 3.0 - CONCLUSÃO

A maior parte das espécies de peixes amostradas na ADA e AI de PCH Fortuna II é de pequeno porte. Todas as espécies do gênero *Astyanax* que participaram das capturas, além do *B. stramineus* são comuns na bacia do rio Doce. Da mesma forma, o sarapó *G. carapo*, os siluriformes dos gêneros *Hypostomus* e *Trichomycterus* também são comuns. Populações destas espécies deverão sofrer um impacto localizado na situação de implantação do reservatório de PCH Fortuna II, devido, sobretudo, ao estabelecimento do reservatório. A mudança do ambiente de lótico para lêntico reduzirá o sucesso reprodutivo destas espécies e alterará a estrutura da comunidade atual. Para esta possibilidade de interferência local não há medidas capazes de mitigar o problema.

Neste novo ambiente, pelo menos três espécies devem ser beneficiadas: as duas traíras, a nativa *H. malabaricus* e a exótica *H. lacerdae* e o acará *G. brasiliensis*. Devido ao tipo de comportamento destas espécies, de forrageio preferencial em águas mais calmas, elas devem aumentar sua taxa de sobrevivência e de reprodução no novo ambiente. Quanto à traíra exótica *H. lacerdae*, ela foi encontrada no ponto amostral feito na posição onde será o futuro reservatório e em dois riachos a montante do reservatório. Considerando a possibilidade de instalação do empreendimento, essa espécie poderá colonizar o seu reservatório e intensificar o impacto sobre as espécies sobreviventes. Isso ressalta a importância da aplicação do plano de erradicação de peixes exóticos, para reduzir a intensidade desse impacto.

Dentro desta região, o piau vermelho *L. copelandii* surge como uma espécie, que apesar de comum na bacia, tem importância diferencial. O piau vermelho é uma espécie de médio porte, migradora e que exerce relativa atratividade a pescadores amadores onde ocorre. A sua captura foi registrada em todos os pontos amostrais ao longo do rio Corrente Grande (perfazendo os trechos a montante e a jusante do empreendimento) durante o período chuvoso e o período da seca. Portanto, apesar da existência da cachoeira da Fumaça a jusante da futura barragem de Fortuna II, há a possibilidade de que o trecho estudado representa uma rota de migração reprodutiva da espécie. Entretanto, não se descarta a possibilidade de que esses indivíduos componham duas populações naturalmente isoladas. Considerando a possibilidade de instalação do empreendimento, deve-se confirmar a necessidade de implantação de mecanismos de transposição em um futuro empreendimento, através da investigação de aspectos biológicos desta espécie.

Não foi encontrada nenhuma espécie endêmica ou ameaçada de extinção ou de caráter ecológico mais relevante para conservação ao longo do trecho estudado do rio Corrente Grande. Duas espécies importantes na bacia do rio Doce são o surubim-do-Doce (*Steindachneridion doceana*) e o andirá (*Henochilus wheatlandii*), que não ocorreram na região de estudo.

A interpretação dos dados permite-nos inferir que o trecho sugerido para a implantação da PCH Fortuna II não possui peculiaridades ecológicas que o distingue do restante da bacia. A riqueza de espécies na AI de PCH Fortuna II é menor tanto nos riachos como no rio principal quando comparada à área controle, formada por rios e riachos de uma região espacialmente maior. Diferenças marcantes ocorrem entre pontos de coleta de rio (RP) e riacho (TR) dentro das classes AI e controle, o que já era esperado devido às características ecológicas particulares de cada uma destas classes.

É possível concluir que a AI da PCH Fortuna II é relativamente redundante ao restante da bacia em termos de composição e de diversidade ictiofaunística e que a instalação do empreendimento PCH Fortuna II não causará mudanças marcantes sobre a ictiofauna atualmente reconhecida na região.

### 4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) JOBLING M. 1996. Environmental biology of fishes., 2 edition. Chapman & Hall, London.
- (2) WOOTTON R. J. 1992. Fish Ecology., 1 edition. Chapman and Hall, New York.
- (3) GOULDING M. 1981. Man and fisheries on an amazon frontier., 1 edition. Dr. W. Junk Publishers, The Netherlands.
- (4) SUTHERLAND W. J. 2001. The Conservation Handbook, Research, Management and Policy., 1 edition. Blackwell Science, Cornwall.

- (5) LATINI A.O. 2002. Porque nossos rios têm menos peixes? *Ciência Hoje*, 30, 58-59.
- (6) WILLIAMSON M. 1996. *Biological invasions*, 1<sup>st</sup> ed. Chapman & Hall, London.
- (7) AGOSTINHO, A.A. et alii. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, 1, 70-78.
- (8) KREBS C.J. 1999. *Ecological Methodology*, 2<sup>nd</sup> ed. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California.
- (9) HELTSHE J.F. 1988. Jackknife estimate of the matching coefficient of similarity. *Biometrics*, 44, 447-460.

## 5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Daniela Chaves Resende

Nascida em Formiga, MG em 07 de outubro de 1975.

Doutorado (2005) em Entomologia: Universidade Federal de Viçosa, Mestrado (2001) em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre: Universidade Federal de Minas Gerais.

Empresa: Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – UnilesteMG, desde 2005

Pesquisadora e Professora Adjunta

Anderson Oliveira Latini

Nascido em Ponte Nova, MG, em 25 de abril de 1974.

Doutorado (2005) em Ecologia: Universidade Estadual de Campinas, Mestrado (2001) em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre: Universidade Federal de Minas Gerais.

Empresa: Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – UnilesteMG, desde 2005

Pesquisador e Professor Adjunto

Ricardo Figueira

Nascido em Belo Horizonte, MG, em 30 de outubro de 1957.

Mestrado (2002) em Geografia e Análise Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais.

Empresa: Rio das Velhas Consultoria em Meio Ambiente e Prestação de Serviços Ltda., desde 2003.

Gerente ambiental