



**XXIII SNPTEE
SEMÍNÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GIA/04
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO -IX

GRUPO DE ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL - GIA

**USO DE UMA FERRAMENTA QUANTITATIVA PARA A GESTÃO AMBIENTAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS:
APLICABILIDADE DA TÉCNICA PARA O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.**

João M. Lopes*
Cemig GT

Miriam Castro
Cemig GT

Marcos Callisto
UFMG

Carlos Bernardo M. Alves
UFMG

Paulo S. Pompeu
UFLA

Gilmar B. Santos
PUC-MG

RESUMO

O índice de integridade biótica é uma forma de representar as condições ecológicas ambientais agregando medidas biológicas individuais em um único valor. Essa ferramenta utiliza protocolos para avaliação de habitats físicos e parâmetros biológicos em ecossistemas aquáticos. Este projeto buscou adaptar a ferramenta às condições brasileiras, tendo como objetivo avaliar a qualidade ambiental ao longo de bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos. A metodologia se mostrou uma importante ferramenta de gestão ambiental ao ser capaz de determinar as condições ambientais das regiões amostradas, tornar possível visualizá-las através de sistemas de informação geográfica e permitir comparações através de coletas padronizadas.

PALAVRAS CHAVE

Integridade Biótica, Bacias Hidrográficas, Gestão Ambiental, Peixes, Macroinvertebrados Aquáticos.

INTRODUÇÃO

A integridade biótica de um ambiente pode ser compreendida como a capacidade do ambiente de manter uma comunidade de organismos equilibrada, possuindo diversidade e organização funcional semelhantes às áreas que conservam o habitat natural (Frey, 1977; Karr, 1981). A integridade biótica de uma área pode ser representada através de um gradiente de valores entre os pontos mais preservados (considerados como áreas de referência) e os mais impactados por atividades humanas. O índice de integridade biótica é uma forma de representar essa variação, considerando os efeitos de múltiplos impactos e agregando medidas biológicas individuais em um único valor (Fulk et al., 2003; Karr, 2004; Drake & Valle, 2005). Essa ferramenta criada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA - United States Environmental Protection Agency) utiliza protocolos para avaliação padronizada de habitats físicos e parâmetros biológicos em ecossistemas aquáticos. Através desses protocolos é possível quantificar variáveis biológicas, ou seja, atribui-se um valor quantitativo a uma característica ou processo de um sistema biológico (Rossaro et al., 2007). Assim, torna-se possível acompanhar quantitativamente mudanças no status de conservação dos cursos d'água ao longo do tempo.

A metodologia de avaliação ecológica de bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos baseada no desenvolvimento de Índices de Integridade Biótica (IBI) utiliza diferentes escalas espaciais na caracterização de uso e ocupação do solo, avaliação da integridade de zonas ripárias, estrutura de habitats físicos, características limnológicas e a diversidade de assembleias de organismos aquáticos. Conceitualmente a avaliação é feita através de um gráfico bidimensional com as respostas biológicas a um gradiente de condições ambientais, desde ecossistemas minimamente alterados por atividades humanas e em condições de referência, até ecossistemas severamente alterados e degradados pelo impacto de atividades humanas.

O objetivo deste projeto foi traduzir, adaptar, validar e implementar a metodologia IBI em bacias hidrográficas brasileiras através de parcerias entre universidades brasileiras, instituições norte-americanas e uma concessionária de energia elétrica, a Cemig Geração e Transmissão.

2.0 – METODOLOGIA

Redes de pontos amostrais espacialmente balanceadas e distribuídas de forma hierárquica são capazes de caracterizar os tipos e usos do solo em bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos. Este desenho amostral foi desenvolvido para os reservatórios de Nova Ponte, São Simão (bacia do rio Paranaíba); Volta Grande (bacia do rio Grande) e Três Marias (bacia do rio São Francisco), e em seus trechos de rios afluentes de ordens e dimensões de largura e profundidade semelhantes ("wadeable streams", rios capazes de ser atravessados a pé por um adulto mediano; Kaufmann et al., 1999) a um alcance de até 35 Km de distância da margem. Nos reservatórios as amostragens foram realizadas na região litorânea, onde o perímetro foi convertido de linha para pontos, sendo um ponto aleatoriamente sorteado e a partir deste, outros 39 foram posicionados de maneira equidistante (Figura 1).

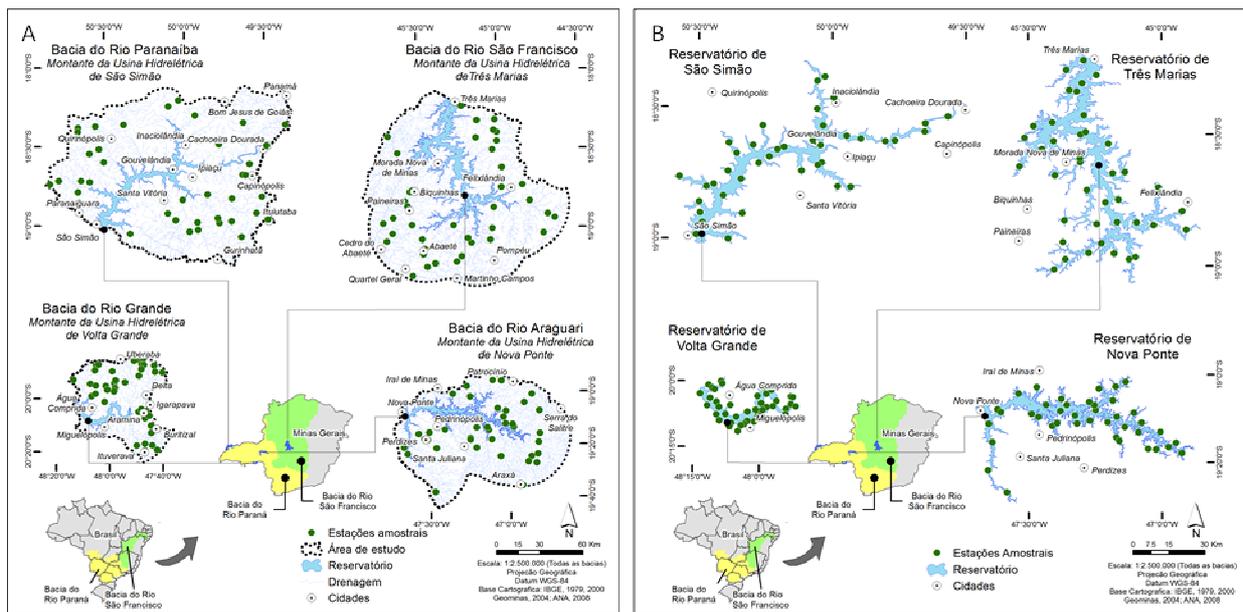


Figura 1: Pontos amostrados em riachos (A) e nas margens dos reservatórios hidrelétricos das bacias hidrográficas estudadas (B).

Após a definição das redes de pontos amostrais, visitas de reconhecimento a campo foram realizadas visando atestar acesso, segurança e permissão de entrada pelos proprietários rurais aos ecossistemas aquáticos. Os ecossistemas foram amostrados uma única vez, sendo os riachos no mês de setembro (período seco no cerrado mineiro) e os reservatórios no mês de abril (final do período de chuvas e máximo volume, oferecendo maior disponibilidade de habitats físicos à biota aquática). Cada trecho amostrado nos 160 riachos (40 por bacia) foi dividido em onze seções transversais e, entre cada seção, foram realizadas 10 medições equidistantes no perfil do talvegue. Nas seções transversais foram avaliadas parte das características dos habitats físicos e coletadas amostras de sedimento para identificação de macroinvertebrados bentônicos e, entre os transectos, as demais características de habitats físicos e coleta de peixes. Nas porções superiores do trecho amostrado foram coletadas amostras de água para avaliação de parâmetros físicos e químicos de qualidade de água.

Em cada um dos 40 pontos amostrais nos 4 reservatórios as amostragens foram realizadas em 10 parcelas amostrais de 15 metros de largura, totalizando 150 metros em cada ponto na região litorânea. Um ponto amostral foi composto por seções contínuas de zonas litorâneas (15 metros de largura por 10 metros de comprimento), zona ripária (15 metros de largura e comprimento) e zona inundável (15 metros de largura e comprimento variável devido à inclinação da margens nos pontos amostrais). Na zona litorânea foram armadas redes de emalhar para captura de peixes 3 a 16cm, distância entre nós opostos) e coletado o sedimento para a identificação de macroinvertebrados bentônicos (Figura 2). Foram definidas as características dos habitats físicos tanto na zona litorânea quanto na zona inundável (zona de depleção) e zona ripária.

Para este projeto foram construídas/adaptadas cerca de 240 métricas que caracterizam a diversidade biótica e de habitat físico de ecossistemas aquáticos. São exemplos de métricas utilizadas pelo método as que caracterizam a morfologia do canal, a profundidade média do talvegue, tamanho médio do substrato, porcentagem de diferentes

Tabela 1: Biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos nos riachos das quatro bacias hidrográficas amostradas (NP-Nova Ponte; TM-Três Marias; VG-Volta Grande e SS-São Simão).

Métrica	NP	TM	VG	SS
Número de indivíduos	23.356	72.973	76.582	56.410
Número de famílias	70	80	71	71
Número médio de famílias	24,2	26,5	24,4	24,7
% EPT	26,8%	22,1%	18,4%	24,8%
% Chironomidae + Oligochaeta	42,8%	47,4%	58,4%	56,3%
Moluscos invasivos	-	Melanoides sp.	Corbicula fluminea Melanoides sp	Melanoides sp

As amostragens nos riachos das quatro bacias de contribuição dos reservatórios estudados resultaram na captura de 19.339 indivíduos de 144 espécies de peixes. Dessas, 58, 38, 44 e 64 espécies foram registradas na região dos reservatórios de Três Marias, Nova Ponte, Volta Grande e São Simão, respectivamente. A riqueza encontrada representou de 14% a 21% da fauna de peixes conhecida para cada bacia. A maioria das espécies registradas eram nativas das respectivas bacias de drenagem, com exceção do barrigudinho *Poecilia reticulata* e das tilápias *Tilapia rendalli* e *Oreochromis niloticus*. Estas três espécies se encontram distribuídas hoje pela maior parte das bacias de drenagem do sudeste brasileiro (Alves et al, 2007). Chamou ainda a atenção o registro de dez espécies novas para a ciência, mesmo se tratando de bacias de drenagem muito investigadas, o que indica que nosso conhecimento sobre a fauna de riachos é ainda bastante incompleto. De maneira geral, a composição da fauna foi bastante diferente entre riachos, mesmo de uma mesma região, indicando que cada ambiente pode ter grande importância à diversidade regional, sendo fundamental o planejamento da conservação em ampla escala.

Um total de 93 espécies de peixes foi encontrado nos quatro reservatórios amostrados. Na região litorânea dos reservatórios o maior número de espécies de peixes foi obtido em São Simão (49), seguido por Três Marias (37), Volta Grande (30) e Nova Ponte (29). Três Marias apresentou maior número de exemplares capturados (3.843), seguido por São Simão (2.843), Nova Ponte (2.463) e Volta Grande (1.488). Foram registradas 10 espécies consideradas migradoras em São Simão, 4 em Nova Ponte e Volta Grande e 6 em Três Marias. O número de espécies introduzidas variou em cada reservatório: 11 em São Simão, 5 em Nova Ponte, 7 em Volta Grande e 3 em Três Marias, correspondendo a mais de 15% da riqueza total de cada reservatório, exceto para Três Marias. As áreas do reservatório influenciadas por tributários (braços de rios) mostraram maior riqueza e menor abundância de espécies introduzidas, exceto para Volta Grande.

Através da aplicação do Índice de Distúrbio Integrado (Ligeiro et al., 2013) foi estimado o número e identificadas as regiões em cada bacia em condições boas e ruins, independentemente da composição de espécies (Figura 3). Em geral a bacia de Nova Ponte apresenta ecossistemas em diferentes condições ecológicas em um gradiente de níveis de distúrbio, mas com maior número de sítios amostrais em condições de referência. As regiões em melhores condições ecológicas geralmente foram encontradas em Unidades de Conservação (p.ex. Estação Ambiental de Galheiros, CEMIG), em regiões menos populosas ou com menor ocorrência de atividades de agricultura e pastagens. Por outro lado os sítios amostrais em piores condições ecológicas foram encontrados próximos a cidades ou fazendas com agricultura mecanizada em larga escala. Nestes últimos, os riachos encontram-se impactados por assoreamento de sedimentos finos, ausência de vegetação ripária e lançamentos de efluentes domésticos e efluentes agro-industriais sem tratamento.

Também foi realizado um estudo de fragilidade ambiental das bacias estudadas (Figura 3). A elaboração deste estudo foi baseada na sobreposição entre vulnerabilidades potenciais intrínsecas das regiões de estudo, nos elementos da paisagem natural (altimetria, declividade, geologia, solos, pluviosidade, áreas prioritárias para a

conservação da biodiversidade) e pressões antrópicas (porcentagem de cobertura natural, áreas urbanas ou pastagens, densidade populacional, pressão sobre os recursos hídricos, distância de rodovias e distância de centros urbanos). O diagnóstico foi realizado através da análise espacial destes elementos utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Este estudo mostra que as bacias de drenagem dos reservatórios de São Simão e Volta Grande se encontram em níveis avançados de fragilidade, sendo necessárias ações específicas para a restauração ambiental nestas áreas.

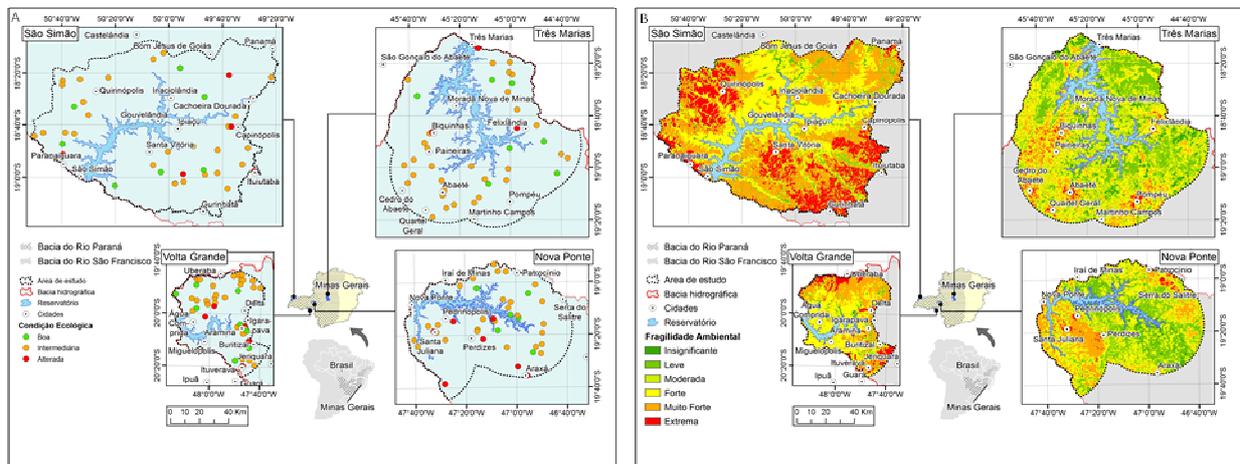


Figura 3: Condições ecológicas dos pontos amostrados nas bacias hidrográficas amostradas (A) e representação gráfica dos índices de fragilidade ambiental das bacias hidrográficas estudadas (B).

4.0 – DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os principais resultados obtidos com este projeto foram: a adaptação da sistemática de mensuração das variáveis bióticas e abióticas em campo para o ambiente tropical (incluindo o desenvolvimento de planilhas eletrônicas e sistemas de análise para os dados obtidos); o mapeamento do uso e ocupação do solo nas bacias de drenagem dos pontos amostrados, abrangendo a área da bacia de drenagem de cada ponto; caracterização do transporte e deposição de sedimento na área dos reservatórios e dos riachos; determinação da composição, estrutura e alimentação da fauna de macroinvertebrados bentônicos e da ictiofauna nos reservatórios e nos riachos amostrados; e a criação de mapas temáticos que apresentam visualmente as informações ambientais utilizadas para se determinar a qualidade ambiental em diferentes áreas das bacias hidrográficas amostradas.

A metodologia adaptada às condições tropicais se apresenta como uma importante ferramenta de gestão ambiental para o setor elétrico ao ser capaz de determinar as condições ambientais das bacias hidrográficas amostradas e de tornar possível visualizá-las através de sistemas de informação geográfica desenvolvidos. A criação dos mapas-síntese, apresentando as áreas com maior ou menor fragilidade ambiental, poderá subsidiar a implementação de medidas de gestão integrada das bacias hidrográficas para conservação da biodiversidade na região, bem como o acompanhamento da efetividade de eventuais intervenções. Como demonstrado acima, a metodologia apontou a necessidade de ações prioritárias para a restauração ambiental nas bacias hidrográficas de São Simão e Volta Grande. É também importante ressaltar que os mapas temáticos permitiram avaliar dentro de uma mesma bacia hidrográfica os pontos prioritários para a conservação e os pontos que necessitam de intervenções de recuperação ambiental. No caso do reservatório de Nova Ponte, por exemplo, fica claro que o braço formado pelo rio Araguari apresenta os pontos com maior fragilidade ambiental, demandando maior atenção e volume de recursos para a sua recuperação.

Os resultados obtidos permitem que a concessionária de energia tenha à sua disposição um diagnóstico detalhado para definir suas estratégias ambientais, nisto incluídos os programas ambientais específicos de recuperação e restauração ambiental. Além disto, a obtenção padronizada de dados e análises permitem comparações espaciais entre reservatórios, ou comparações temporais em um mesmo reservatório em épocas diferentes. Estas informações também estão sendo disponibilizadas para órgãos ambientais, prefeituras e comitês de bacias hidrográficas que também podem utilizá-las para gerir e priorizar suas ações e recursos a serem aplicados nas bacias hidrográficas estudadas.

A formação e capacitação de pessoal também foi um produto importante desse projeto. Dezenas de monografias, dissertações e teses foram produzidas com os dados utilizados pelo método, permitindo a formação de estudantes de graduação e de pós-graduação em diferentes áreas do conhecimento como ciências biológicas, ecologia, zoologia, geografia e engenharia hidráulica.

A rede de parceiros criada através deste projeto continuará a desenvolver a metodologia em projetos futuros. Atualmente as atividades de pesquisa neste projeto continuam através de três novos projetos dentro do Programa de P&D Cemig/Aneel. Estes projetos retornaram aos mesmos pontos amostrados no reservatório de Nova Ponte. A nova coleta, realizada quatro anos após a primeira amostragem, trará informações importantes sobre a aplicabilidade da técnica ao ambiente tropical ao mapear, em escala temporal, como as variações ambientais neste tipo de ambiente podem influenciar a construção deste tipo de índice no longo prazo. O uso deste tipo de abordagem, que utiliza equipes multidisciplinares, grande número de métricas e avaliações quantitativas destas métricas, deve ser mais explorada nos próximos anos, devendo ser incorporada inclusive às metodologias utilizadas pelos órgãos ambientais ao avaliar as condições ambientais de ecossistemas aquáticos brasileiros.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C.B.M.; VIEIRA, F.; MAGALHÃES, A.L.B. & BRITO, M.F.G. 2007. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. Pp. 291-314. In: BERT T.M. (Org.). Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities. Dordrecht, The Netherlands: Springer. 565p.

DRAKE, M. T.; VALLEY, R. D. Validation and Application of a Fish-Based Index of Biotic Integrity for Small Central Minnesota Lakes. *North American Journal of Fisheries Management* 25(3): 1095-1111. 2005.

FREY, D. Biological integrity of water: an historical approach.. Pages 127-140 in R.K. BALLENTINE and L.J. GUARRAIA (editors). *The Integrity of Water. Proceedings of a Symposium, March 10-12, 1975, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.* 18 pp. 1977.

FULK, K.A.; KURTEMBACH, J.P.; KLEMM, D.J.; KULK, F.A.; CORMIER, S.M. Development and evaluation of the lake macroinvertebrate integrity index (LMII) for New Jersey lakes and reservoirs. *Environmental Monitoring and Assessment* 77: 311-333. 2003.

KARR, J.R. Assessment of biotic integrity using fishcommunities. *Fisheries*, 6: 21–27. 1981.

KARR, J.R. Biological Integrity: Along-Neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecological Applications* 21 (13): 48-49. 2004.

KAUFMANN, P.; LEVINE, P.; ROBISON, E.; SEELIGER, C. & PECK, D. Quantifying physical habitat in wadeable streams. EPA/620/R-99/003. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1999.

LIGEIRO, R.; HUGHES, R.M.; KAUFMANN, P.R.; MACEDO, D.R.; FIRMIANO, K.R.; FERREIRA, W.R.; OLIVEIRA, D.; MELO, A.S. & CALLISTO, M. Defining quantitative stream disturbance gradients and the additive role of habitat variation to explain macroinvertebrate taxa richness. *Ecological Indicators*, v. 25, p. 45-57, 2013.

ROSSARRO, B.; MARZIALI, L.; CARDOSO, A.C.; SOLIMINI, A.; FREE, G.; GIACCHINI, R. A Biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian Lakes. *Ecological Indicators* 7: 41-429. 2007.

6.0 – DADOS BIOGRÁFICOS

João de Magalhães Lopes

Analista de Meio Ambiente. Formado em Ciências Biológicas com bacharelado em ecologia pela UFMG em 1999, Mestre em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG em 2003, MBA em Gestão Empresarial pela UFU em 2007. Foi coordenador técnico da Estação de Piscicultura de Volta Grande de 2003 a 2008. Atualmente é integrante do Programa Peixe Vivo e doutorando em Ecologia Aplicada pela UFLA.

Miriam Aparecida de Castro

Graduada em Ciências Biológicas (2009) e mestre em Ecologia Aplicada (2012) pela Universidade Federal de Lavras. Membro da equipe do Programa Peixe Vivo desde 2012, desempenhando atividade nas áreas de Piscicultura e Peixamentos, Apoio em Operações de Usinas e Monitoramento da Ictiofauna. miriamapcastro@yahoo.com.br

Marcos Callisto

Graduado em Ciências Biológicas (1992), mestre em Ecologia (1994), Doutor em Ciências (1996) pela UFRJ, professor de Ecologia na UFMG desde 1997, coordenador equipe do Laboratório de ecologia de Bentos. callistom@ufmg.br, site: www.icb.ufmg.br/labs/benthos

Carlos Bernardo Mascarenhas Alves

Graduado em Ciências Biológicas (1989), mestre em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (1995) pela Universidade Federal de Minas Gerais. Membro do Projeto Manuelzão (UFMG) desde 1999, coordenando as atividades de Biomonitoramento. Consultor da Bio-Ambiental Consultoria Ltda., desde 1996. cbmalves@ufmg.br

Paulo dos Santos Pompeu

Graduado em Ciências Biológicas (1995), mestre em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre (1997), doutor em Hidráulica e Recursos Hídricos (2005) pela Universidade Federal de Minas Gerais, professor do Setor de Ecologia da Universidade Federal de Lavras desde 2005, coordenador da equipe do Laboratório de Ecologia de Peixes da UFLA. pompeu@dbi.ufla.br

Gilmar Bastos Santos

Graduado em Ciências Biológicas (1978) pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestre (1986) e Doutor em Ecologia e Recursos Naturais (1999) pela Universidade Federal de São Carlos. Professor Adjunto III do Programa de Pós-graduação em Biologia de Vertebrados da PUC-MG desde 2001. gilmarsantos4@hotmail.com