

MONITORAMENTO AMBIENTAL PARTICIPATIVO DE QUALIDADE DE ÁGUA: A COMUNIDADE ESCOLAR COMO PARCEIRA NA CONSERVAÇÃO DE BIODIVERSIDADE

Juliana Silva França^a, Marcos Callisto^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, e-mail: jsfranca@ufmg.br; callistom@ufmg.br

Palavras-chave: recursos hídricos; divulgação científica; macroinvertebrados bentônicos.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos continentais e sua biodiversidade constituem um valioso recurso natural em termos econômicos, culturais, estéticos, científicos e educacionais, sendo portanto sua conservação e gestão fundamentais para os interesses humanos, de nações e seus governos (Adaka *et al.*, 2014).

A água tem se tornado foco essencial das relações sociais, com ênfase nos conflitos de interesses e de valores próprios de diversos grupos sociais (Victorino, 2003). A conservação de recursos hídricos, visando sua proteção e aproveitamento racional, tem ganho reconhecimento do poder público, centros de pesquisa, entidades da sociedade civil e movimentos sociais, em função de suas várias dimensões (biológica, cultural, política e econômica). E, neste sentido, a garantia de seus múltiplos usos de forma racional e sustentável prevê a implantação de estratégias de gestão que considerem os aspectos socio-econômicos e o papel de diferentes atores sociais para a criação de políticas de recursos hídricos (Christofidis, 2003).

Atividades humanas têm alterado características naturais dos ecossistemas, refletindo em perdas significativas de espécies e impactos, incluindo eutrofização, acidificação, mudanças de uso da terra, bem como alterações na conectividade dos ecossistemas e suas condições físicas (Ormerod *et al.*, 2010). Estas alterações antropogênicas prevalecem em escalas locais, com repercussão global (Hughes *et al.*, 2014). Os ecossistemas de água doce são afetados tanto biológica como ambientalmente quando incorporados em uma matriz terrestre fortemente alterada por atividades humanas, fazendo parte de uma bacia de drenagem com contornos de degradação ambiental (Brown & Swan, 2010). Os principais impactos nos ecossistemas aquáticos continentais são causados por uso do solo desordenado e crescimento não planejado de grandes cidades, incluindo deflorestamento de vegetação nativa, impermeabilização de solos, mudanças físicas nos ecossistemas aquáticos, retirada de mata ripária, e perda de bens e serviços ecossistêmicos oferecidos por rios urbanos (p. ex. fornecimento de água e proteção de comunidades aquáticas de espécies destinadas à alimentação humana, entre outros) (Weber & Puissant, 2003; Macedo *et al.*, 2014). Mudanças em condições ecológicas de bacias hidrográficas

ocorrem devido a inúmeras atividades humanas não adequadamente planejadas (Allan & Castillo 2007). Estas mudanças podem influenciar a composição química da água (p. ex. excesso de nutrientes advindos da entrada de esgotos), a estrutura física dos habitats (p. ex. mudança na estrutura da vegetação ripária e, portanto, na ciclagem de nutrientes) e, conseqüentemente, a composição de comunidades biológicas (p. ex. aumento na concentração de algas e organismos resistentes a modificações por atividades antrópicas). Macroinvertebrados bentônicos são organismos comumente utilizados em programas de monitoramento biológico por serem bons indicadores de condições ambientais (Hering *et al.*, 2004). Entre as características de suas comunidades destacam-se a elevada diversidade de espécies e sua capacidade de adaptar-se a todos os tipos de habitats, oferecendo respostas biológicas aos estresses sofridos pelo ambiente (Callisto *et al.*, 2001).

A partir da estreita interação entre gestores, público escolar e outros atores sociais importantes (p.ex. comunidade civil organizada) é possível realizar levantamentos de qualidade de águas em micro bacias, somando esforços em prol de um maior engajamento e percepção da sociedade sobre os problemas ambientais. O objetivo deste trabalho foi implantar um Programa de Monitoramento Participativo de bacias hidrográficas com base em parâmetros físicos, químicos e comunidades de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água em ecossistemas urbanos na região metropolitana de Belo Horizonte, trecho alto da bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Material e Métodos

Etapas do **Monitoramento Participativo das Águas** em 30 escolas públicas:

- Capacitação de educadores: Curso com duração de 8hs, dividido em dois módulos. O primeiro módulo (teórico) com palestra, demonstrações e disponibilização de dinâmicas de Educação Ambiental. O segundo módulo com aula prática em campo e laboratório.
- Visitas às escolas (treinamento): *Exposição Interativa* com a utilização de pôsteres abordando a “Importância da água: entendendo para conservar”:

disponibilidade, ciclo e poluição das águas; principais organismos bioindicadores e seus habitats; Flanelógrafo - painel representando um rio, etapas de degradação ambiental e processos de degradação relacionados à ocupação humana; Coleção itinerante - com organismos fixados em álcool; Microscópio estereoscópico (lupa) - para observação de detalhes dos organismos.

Exposição Prática: aula prática em um ecossistema aquático (córregos ou lagoas) próximo às escolas parceiras.

c) Visitas às escolas (Projeto *Jovem Limnólogo*):

Os professores e estudantes acompanharam ao longo de 6 meses córregos próximos às suas instituições.

Para avaliar as condições ambientais dos trechos estudados e do seu entorno foi utilizado um “Protocolo Simplificado de Avaliação Rápida da Saúde de Rios e Lagoas”, modificado de Callisto *et al.* (2002), que busca avaliar não só o ambiente aquático, mas também, o uso e a ocupação do solo na região de entorno de sua bacia de drenagem.

Os parâmetros abióticos foram avaliados através de kits reagentes (ecokits de análise da qualidade da água - AlfaKit) para mensuração de temperatura, pH, turbidez, e as concentrações de oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, ortofosfato, ferro, cloro, dureza e cloreto.

As coletas de macroinvertebrados bentônicos foram realizadas qualitativamente com a utilização de peneiras de mão. As amostras foram triadas em bandejas e identificadas ao nível taxonômico de ordem, com a utilização de uma ficha de identificação simplificada para uso em atividades de divulgação científica. Os resultados foram analisados através da aplicação de um índice BMWP adaptado e simplificado.

e) Seminário Final (apresentação dos resultados e troca de experiências), com apresentações dos estudantes sobre os resultados alcançados com o monitoramento dos córregos próximos às suas escolas.

Resultados e Discussão

Participaram deste processo 30 escolas públicas, sendo 14 estaduais e 16 municipais, em 12 municípios no estado de Minas Gerais (sub-bacias hidrográficas dos rios das Velhas e Paraopeba, afluentes do trecho alto do rio São Francisco). Na capacitação da comunidade escolar estiveram envolvidos, como tutores, 73 professores e, como agentes ambientais, 750 estudantes, além de 20 graduandos, biólogos e pós-graduandos da UFMG como articuladores e facilitadores das atividades realizadas. Os resultados da aplicação do “Protocolo de Simplificado Avaliação Rápida” nos riachos estudados evidenciaram intensas alterações antrópicas nas áreas de entorno e nos leitos dos ambientes aquáticos, principalmente naqueles sob direta influência urbana, corroborando a extensão das pressões antrópicas. Esta atividade classificou 14 ecossistemas como impactados, 10 como alterados e apenas 6 ainda naturais, sendo que a maioria das estações amostrais (80%) não alcançou a classificação de ecossistemas em condições de referência (minimamente influenciados por ações humanas). O baixo nível de conservação de condições ecológicas em que se encontram os ecossistemas aquáticos urbanos alerta para a fragilidade das micro bacias nas regiões urbanas e rurais em Minas Gerais (Macedo *et al.*, 2011, Ferreira *et al.*, 2012). A avaliação dos parâmetros abióticos corroborou a classificação do protocolo no entorno dos ecossistemas aquáticos, quando 21 dos ambientes avaliados apresentaram algum parâmetro acima do limite máximo previsto pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de Classe 2

(preconizada como meta de enquadramento para os ambientes aquáticos no estado de Minas Gerais – DN COPAM 001/2008). A avaliação de macroinvertebrados bioindicadores de qualidade de água evidenciou predomínio de organismos resistentes da ordem Diptera (64%), seguida pelos filos Annelida (16%) e Mollusca (8%) e pela presença rara de organismos sensíveis da ordem Ephemeroptera (4%). Os demais táxons encontrados (Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Coleoptera, Heteroptera e Odonata) representaram juntos apenas 8% dos organismos coletados. Estes resultados evidenciam o gradiente de condições ecológicas dos ambientes urbanos em que as escolas estão inseridas. Resultados da aplicação do índice BMWP adaptado classificaram 16 ecossistemas como impactados, 9 alterados e 5 naturais, confirmando serem os macroinvertebrados bentônicos eficientes indicadores biológicos quando o seu resultado é associado a outros parâmetros (p.ex. aplicação de protocolos de avaliação de habitats físicos e avaliação de parâmetros abióticos segundo a legislação vigente) (Tabela 1).

Tabela 1: Avaliação final de protocolo, parâmetros abióticos e macroinvertebrados bentônicos nos riachos monitorados por estudantes e professores de 30 instituições de ensino no alto São Francisco, MG.

Bacia	Resultado Protocolo*	Parâmetros Abióticos**	BMWP***
1-Paraopeba	Natural	Conformidade	6,4
2-Paraopeba	Natural	Conformidade	5,7
3-Paraopeba	Alterado	acima VMP	2,0
4-Paraopeba	Alterado	acima VMP	4,9
5-Paraopeba	Impactado	acima VMP	2,0
6-Paraopeba	Impactado	acima VMP	1,2
7-Paraopeba	Impactado	acima VMP	3,2
8-Paraopeba	Impactado	acima VMP	2,4
9-Velhas	Natural	Conformidade	8,3
10-Velhas	Natural	Conformidade	7,3
11-Velhas	Natural	Conformidade	7,9
12-Velhas	Natural	Conformidade	6,3
13-Velhas	Alterado	acima VMP	5,5
14-Velhas	Alterado	acima VMP	2,9
15-Velhas	Alterado	acima VMP	2,0
16-Velhas	Alterado	acima VMP	2,0
17-Velhas	Alterado	Conformidade	4,3
18-Velhas	Alterado	acima VMP	3,2
19-Velhas	Alterado	acima VMP	3,7
20-Velhas	Alterado	Conformidade	3,3
21-Velhas	Impactado	acima VMP	2,1
22-Velhas	Impactado	acima VMP	2,2
23-Velhas	Impactado	acima VMP	3,1
24-Velhas	Impactado	acima VMP	2,2
25-Velhas	Impactado	Conformidade	2,7
26-Velhas	Impactado	acima VMP	2,0
27-Velhas	Impactado	acima VMP	2,1
28-Velhas	Impactado	acima VMP	2,3
29-Velhas	Impactado	acima VMP	2,0
30-Velhas	Impactado	acima VMP	1,5

* classificação: impactado, alterado, natural

** classificação: acima VMP ou em conformidade

*** classificação: < 3 impactado; 3-6 alterado; > 6 natural

A pequena diferença nos resultados pode ser atribuída tanto à subjetividade do protocolo de caracterização ou à baixa acurácia do ekokit utilizado, quanto pelo treinamento e conhecimentos ainda preliminares da comunidade escolar. No entanto, estes fatores não comprometeram os resultados do estudo. O baixo número de ambientes naturais é explicado pelo foco urbano do projeto, com pequeno número de ambientes em áreas protegidas (8 ambientes) e apenas cinco em zonas rurais. Algumas destas áreas localizam-se em Unidades de Conservação (p.ex. Parques Municipais) com o intuito de conservação de nascentes e implementadas em micro bacias que sofreram, ao longo de anos, impactos de suas áreas de entorno. Os rios são os receptores finais das alterações que ocorrem em suas bacias de drenagem e, portanto, afetados por atividades humanas (Moreno & Callisto, 2004). Se considerarmos a importância ecológica, econômica e social do recurso água na sociedade atual (Adaka *et al.*, 2014), a participação da comunidade em prol de sua proteção torna-se fundamental na assimilação do conhecimento e desenvolvimento de medidas efetivas de conservação de biodiversidade. A apropriação deste conhecimento através do envolvimento de atores na avaliação participativa de qualidade ambiental (Jacobi, 2000) é uma forma de identificar problemas e buscar soluções para a melhoria da gestão dos corpos d'água urbanos. Investir na capacitação de jovens e professores através do treinamento em técnicas de avaliação e monitoramento de qualidade de água fomenta a gestão de recursos hídricos de forma consciente, potencializando o envolvimento de cidadãos na tomada de decisões sustentáveis.

Conclusões

Estes resultados do Monitoramento Participativo confirmam o uso dos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água e ferramenta útil em atividades de educação ambiental. O uso de recursos didáticos para mobilização social envolve professores e estudantes na percepção da importância de conservação de ecossistemas aquáticos urbanos. Atividades como “monitoramentos participativos” disponibilizam à comunidade escolar treinamento e acesso à informação do estado ecológico de córregos e lagoas da sua região, gerando conhecimento em prol da importância de conservação desses recursos hídricos. Em síntese, a capacitação de professores e estudantes representa uma ferramenta para o exercício da cidadania, contribuindo efetivamente para a sensibilização de atores sociais e subsídio à implementação de medidas de gestão ambiental em ecossistemas urbanos.

Agradecimentos

Aos graduandos e pós graduandos do Lab. de Ecologia de Bentos/ICB/UFMG pelo auxílio nas atividades de monitoria. Ao financiamento do Programa Proext MEC/Sesu 2013, PAEP CAPES, CNPq, Biocentro Germinar Gerdau e P&D Aneel Cemig GT487. MC recebeu bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento e Tecnologia (CNPq No. 302960/2011-2) e bolsa de pesquisador mineiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG PPM-00077/13).

Referências Bibliográficas

- Adaka, G.; Udoh, J.; Onyeukwu, D. 2014. Freshwater fish diversity of a tropical rainforest river in southeast Nigeria. *Advances in Life Science and Technology*. 23:16-23.
- Allan, J.; Castillo, M. 2007. *Stream ecology: structure and function of running waters*. Dordrecht, Springer. 436p.
- Brown, B.; Swan, C. 2010. Dendritic network structure constrains metacommunity properties in riverine ecosystems. *Journal of Animal Ecology*. 79: 571-580.
- Callisto, M.; Moreno, P.; Barbosa, F. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 61(2): 259-266.
- Callisto, M.; Ferreira, W.; Moreno, P.; Goulart, M.; Petrucio, M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14 (1): 91-98.
- Christofidis, D. 2003. Olhares sobre a política de recursos hídricos no Brasil: o caso da bacia do Rio São Francisco. 1.ed. Brasília: TDA. 432 pp.
- Ferreira, W.; Rodrigues, D.; Alves, C.B.; Callisto, M. 2012. Biomonitoramento de longo prazo da bacia do rio das Velhas através de um índice multimétrico bentônico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 17 (3): 253-259.
- Hering, D.; Verdonschot, P.; Moog, O.; Sandin, L. 2004. Overview and application of the AQEM assessment system: Integrated Assessment of Running Waters in Europe. *Hydrobiologia*, v. 516, p. 1 – 20.
- Hughes, R. ; Dunham, S.; Maas-Hebner, K ; Yeakley, J.; Schreck, C.; Harte, M.; Molina, N.; Shock, C.; Kaczynski, V.W.; Schaeffer, J. 2014. A Review of Urban Water Body Challenges and Approaches. *Fisheries*. 39 (1): 30-40.
- Jacobi, P. R. 2000. *Políticas Sociais e Ampliação da Cidadania*. Rio de Janeiro: Editora FGV. 152p.
- Macedo, D.; Callisto, M.; Magalhães-Jr, A. P. 2011. Restauração de Cursos d'água em Áreas Urbanizadas: Perspectivas para a Realidade Brasileira. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 16 (3): 127-139.
- Macedo, D.; Hughes, R.; Ligeiro, R.; Ferreira, W.; Castro, M.; Junqueira, N.; Oliveira, D.; Firmiano, K.; Kaufmann, P.; Pompeu, P.; Callisto, M. 2014. The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in cerrado biome streams. *Landscape Ecol*. 29:1001-1016.
- Moreno, P.; Callisto, M. 2004. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: Ferracini V.L.; Queiroz S.C.N. & Silveira M.P.. (Org.). *Bioindicadores de Qualidade da Água*. 1 ed. Jaguariuna: EMBRAPA, v. 1, p. 95-116.
- Ormerod S.; Dobson, M.; Hildrew, A.; Townsend, C. 2010. Multiple stressors in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*. 55 (1): 1-4.
- Victorino, V. 2003. Monopólio, conflito e participação na gestão dos recursos hídricos. *Ambiente & Sociedade*, 6 (2): 47-62.
- Weber, C.; Puissant, A. 2003. Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the Tunis Metropolitan Area. *Remote Sensing of Environment* 86: 341-352.