

MONITORAMENTO BIOLÓGICO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS CONTINENTAIS

Daniel F. Buss^{1*}, Renata B. Oliveira¹ & Darcilio F. Baptista¹

¹Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental, IOC, Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Av Brasil 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ. CEP 21045-900.

*E-mail: dbuss@ioc.fiocruz.br

Nos últimos trinta anos, houve significativos avanços no conhecimento sobre os mecanismos de funcionamento dos ecossistemas aquáticos continentais. De acordo com Tundisi (2000), algumas mudanças conceituais importantes ocorreram neste período. A idéia de que o tratamento de água resolve todas as situações tem mudado para a percepção de que os corpos hídricos são ecossistemas complexos – requerendo a integração de diferentes áreas do conhecimento – e que um gerenciamento mais eficiente deve enfatizar a preservação das fontes de abastecimento e das reservas naturais de recursos hídricos.

A ciência que estuda esses ecossistemas, a Limnologia, avançou em termos conceituais, metodológicos e técnicos, incentivada por esta maior integração entre as ciências (Hidrologia, Hidrografia, Geologia, Química, Botânica, Zoologia, Microbiologia e outras), principalmente no que diz respeito ao reconhecimento das relações entre usos do solo, qualidade de água e respostas biológicas, tendo as bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão.

No contexto de gestão integrada e participativa, descrita na Lei 9433/97 e outras, seu 7º artigo define os Planos de Gestão de Bacias como “planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos”. Esse procedimento consiste em reduzir as indeterminações do futuro a partir de uma idéia do presente, selecionando-se o que hoje é prioritário e o que deve permanecer presente no longo prazo. Este ponto é importante na medida em que tais planos buscam, na descentralização e participação da sociedade civil, uma legitimidade para as ações que irão estruturar o futuro. Tem-se aí um ponto-chave para a gestão: o primeiro passo para tal é a adoção de critérios adequados e rigorosos de monitoramento da

qualidade da água para diagnosticar a situação atual dos recursos hídricos.

Nesse aspecto, as metodologias tradicionalmente utilizadas – baseadas em parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos – são apontadas como pouco eficientes para a avaliação da qualidade estética, recreativa e ecológica dos ecossistemas aquáticos. Isto porque, elas avaliam o ambiente apenas no momento em que foram coletadas, como uma fotografia do rio (Cairns & Pratt 1993). Assim torna-se necessário um grande número de análises, geralmente custosas, o que inviabiliza seu uso como única ferramenta para a realização de um monitoramento temporal eficiente.

De modo a aumentar a eficiência dos sistemas de detecção de impactos ambientais é fundamental a integração destes resultados com características biológicas dos ecossistemas (Rosenberg & Resh 1993, Buss *et al.* 2003). A lógica desta abordagem, chamada de monitoramento biológico ou biomonitoramento, baseia-se nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem, pois a biota aquática é capaz de responder a uma série de distúrbios (naturais ou antropogênicos), sintetizando a história recente das condições ambientais, como um filme longa-metragem (Cairns & Pratt 1993). Outra vantagem é a maior eficiência na detecção de fontes de poluição difusa a um custo significativamente menor (Lenat & Barbour 1994).

Reforçando a necessidade de integração entre os métodos tradicionais e os fornecidos pela análise biológica, há que se considerar que o monitoramento através de métodos físico-químicos aborda o tipo e a intensidade de fatores, inferindo apenas indiretamente sobre os efeitos nos organismos. Já o biomonitoramento fornece informações sobre os efeitos de estressores no sistema biológico, podendo-se even-

tualmente inferir sobre a qualidade e quantidade do distúrbio (Figura 1). O uso combinado destas ferramentas aumenta o potencial de detecção das causas e de avaliação dos efeitos de estressores sobre os ecossistemas aquáticos.

A percepção de que informações sobre organismos aquáticos podem ser usadas como indicadores da condição da água teve reflexo na legislação brasileira no que diz respeito ao estabelecimento de diretrizes para a avaliação e a conservação dos ecossistemas aquáticos. Dentre esses, destacam-se a Lei 9.433/97, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Resolução Conama 274/00 que estabelece os padrões de qualidade para a balneabilidade, a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde que define os padrões para potabilidade da água e a Resolução Conama 357/05 que revê os padrões para a classificação dos corpos d'água segundo seus usos, estabelecendo os limites para lançamento de efluentes para cada classe. Neste último documento, pela primeira vez o uso de instrumentos de avaliação biológica é citado (artigo 8º, parágrafo 3º): “a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas”. Apesar desses avanços, ainda há uma lacuna a ser preenchida, pois a legislação, não faz qualquer menção à padronização dos métodos a serem usados no monitoramento biológico.

A falta de conhecimento básico sobre as bacias hidrográficas e sobre a biologia e ecologia das espécies aquáticas dificulta a implementação desses programas em âmbito nacional ou mesmo regional, ficando sua aplicação restrita a pequenas áreas onde grupos multidisciplinares despenderam mais esforços. No Brasil, há uma tradição no desenvolvimento de estudos para avaliação da qualidade dos ambientes

aquáticos focados em lagos e reservatórios, sobretudo na região sudeste (por exemplo, Henry *et al.* 2004, Kuhlmann *et al.* 2005). Por outro lado, estes estudos ainda são recentes e incipientes em ecossistemas lóticos, onde predominam estudos descritivos sobre taxonomia e inventários faunísticos com extensas coletas em campo e procedimentos laboratoriais, mas sem necessariamente buscar respostas a impactos ambientais específicos.

O propósito deste número especial do periódico *Oecologia Brasiliensis* é apresentar os recentes desenvolvimentos no campo do monitoramento biológico da qualidade de ecossistemas aquáticos continentais e as perspectivas do uso destas informações para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Esta publicação, pioneira neste assunto no país, se destina a gestores, estudantes de cursos com ênfase em Ciências Biológicas e pesquisadores que vêem no monitoramento biológico uma possibilidade de melhoria dos procedimentos de análise da qualidade da água, através da aplicação, de forma rotineira, por agências ambientais e secretarias de meio ambiente. Isto também facilitaria sua inserção na legislação ambiental e o uso das informações geradas por estas técnicas para nortear a tomada de decisões.

A publicação foi organizada em três blocos de artigos. Reconhecendo que diversos níveis de organização biológica podem ser usados na avaliação da qualidade ambiental, de genes ao funcionamento dos ecossistemas (Niemi & McDonald 2004), no primeiro bloco, especialistas convidados apresentam revisões sobre o uso de diferentes níveis hierárquicos de organização biológica para esse fim. A primeira revisão (Freire *et al.* 2008, pp. 347-354) aponta as perspectivas de uso das respostas biológicas ao nível molecular, chamados de biomarcadores, sobretudo

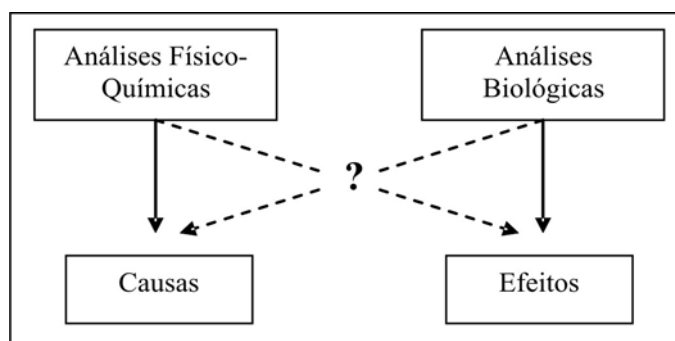


Figura 1. Relação entre as análises físico-químicas e biológicas no que diz respeito a avaliação das causas dos impactos e dos efeitos sobre o ecossistema.

para avaliar a exposição e o efeito causados por diferentes contaminantes como metais, compostos orgânicos e agrotóxicos, sendo uma abordagem eficiente na detecção precoce dos efeitos que estão ocorrendo aos seres vivos em situações de exposição a ambientes poluídos. A segunda revisão (Magalhães & Ferrão Filho 2008, pp. 355-381), aborda o uso da ecotoxicologia aquática, que considera as respostas de organismos sentinelas (ou biosensores) através de bioensaios para analisar suas respostas frente a uma exposição tóxica. Uma de suas aplicações potencialmente mais interessantes é na detecção de impactos em tempo real, ou seja, indicando os impactos no momento em que estão ocorrendo no ecossistema. A terceira revisão desta publicação (Sanseverino & Nessimian 2008, pp. 382-405) apresenta conceitos e questões sobre assimetria flutuante em organismos e seu emprego na avaliação da qualidade ambiental, através da avaliação de mudanças na simetria de estruturas, aparecimento de deformidades morfológicas e má-formações causadas por mudanças ambientais antropogênicas e/ou por contaminantes ambientais. As três contribuições seguintes referem-se ao monitoramento ao nível de comunidades biológicas (Pompêo 2008, pp. 406-424 – macrófitas aquáticas; Baptista 2008, pp. 425-441 – macroinvertebrados bentônicos e Caramaschi & Jaramillo 2008, pp. 442-462 – peixes). O uso das informações biológicas das três comunidades aquáticas são aplicáveis a diversos ecossistemas aquáticos continentais de forma eficiente, mas, em geral, cada uma possui vantagens em relação às outras dependendo do ecossistema de atuação: lagos e reservatórios (sobressai-se o uso de macrófitas), riachos (macroinvertebrados) e rios de grande porte (peixes).

No segundo bloco, são apresentadas revisões que descrevem ferramentas complementares ao biomonitoramento. O primeiro artigo (Melo & Hepp 2008, pp. 463-486) apresenta reflexões sobre o planejamento de pesquisas, além de apresentar análises estatísticas que podem ser aplicadas a estes dados (univariadas, multivariadas, MANOVA) de forma a buscar padrões ecológicos fornecidos pelos organismos bioindicadores, nos diversos níveis de organização biológica. A segunda contribuição deste bloco (Oliveira *et al.* 2008, pp. 487-505) discute e apresenta um guia metodológico para o desenvolvimento e uso de índices multimétricos no

monitoramento ambiental. A terceira revisão (Mugnai & Gatti 2008, pp. 506-519) fornece elementos para a correta organização das informações biológicas, através da padronização das coleções e da compilação destas informações em bancos de dados.

O terceiro bloco é constituído por artigos científicos e visa apresentar um panorama do conhecimento que vem sendo produzido em diferentes regiões do Brasil, com abordagens variadas. As contribuições vão desde o desenvolvimento de um índice biológico para uso de voluntários no Sudeste do Brasil (Buss 2008, pp. 520-530), ao uso de golfinhos como indicadores de micropoluentes na Amazônia (Lailson-Brito *et al.* 2008, pp. 531-541), do uso de radioproteção ambiental através de peixes (Pereira *et al.* 2008, pp. 542-552), ao uso de macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água de uma bacia hidrográfica em Goiás (Monteiro *et al.* 2008, pp. 553-563) e à análise dos efeitos de múltiplas intervenções na eutrofização do Lago Paranoá, no Distrito Federal (Angelini *et al.* 2008, pp. 564-571).

Este número especial do periódico *Oecologia Brasiliensis* demonstra que o Brasil passa por um momento de amadurecimento no desenvolvimento de métodos de análises biológicas para a avaliação ambiental. Apesar de ainda incipiente em algumas regiões, a variedade de métodos de avaliação e monitoramento aponta a riqueza de possibilidades de aplicação em diversas situações e sua difusão para outros estados do país.

Porém, é justamente neste período de consolidação que a reflexão faz-se mais importante, pois as ações são determinantes para o direcionamento dos próximos passos. Pesquisadores e gestores que vêm construindo os princípios do monitoramento biológico no país devem estar atentos para responder a algumas questões:

i) *O desenvolvimento dos métodos de biomonitoramento está considerando adequadamente as demandas das agências ambientais e outros órgãos técnicos responsáveis pela aplicação desses procedimentos?*

O desenvolvimento dos métodos de monitoramento é, geralmente, fruto de estudos das academias e nem sempre está conectada à sua aplicação pelas agências responsáveis por seu uso rotineiro. Assim,

uma questão que deve ser considerada é se estão sendo produzidos em uma velocidade e direção adequadas para o atendimento destas demandas. Isso vem ocorrendo de forma mais sistemática apenas no Estado de São Paulo e, em menor escala, em Minas Gerais. Nos outros estados, as agências ambientais ainda não estão suficientemente organizadas e/ou abertas para esses métodos ou as academias ainda não dispõem de um arcabouço de informações que permita oferecer àqueles órgãos tais procedimentos de análise. Esse é um desafio premente no Brasil: uma maior integração entre os centros de pesquisa e os órgãos que aplicam esses métodos.

O desenvolvimento destas parcerias certamente terá influência na criação de leis que explicitem o uso de técnicas de monitoramento biológico, preenchendo assim, a lacuna deixada pela Resolução Conama 357/05 no que diz respeito a essas ferramentas.

ii) Com a descentralização e participação pública na gestão, qual é a atuação esperada da sociedade civil organizada? E em contrapartida, o que ela espera da atuação das instituições acadêmicas nesse sentido?

A relação entre as academias e as comunidades tem se estreitado muito nas últimas décadas. Ainda assim, está longe de ser considerada orgânica e alimentada por *inputs* iguais de ambos os lados. Na maioria das vezes, quando os centros acadêmicos se propõem a oferecer “cursos de extensão” visam apresentar ao público leigo sua própria visão dos fenômenos – o que não está incorreto – mas ainda mostram pouca abertura para que as demandas dessas populações também direcionem os olhares das pesquisas e para que, sobretudo, os conhecimentos populares sejam reconhecidos como formas legítimas de saber e sejam integrados numa perspectiva transdisciplinar (Lebel 2003).

Segundo Beck (1997), para se pensar uma ciência direcionada para a solução de problemas em uma perspectiva participativa de negociação e mediação é necessária a “desmobilização da especialização”, de modo que a decisão sobre o que é melhor e certo para todos não seja mais exclusividade de gerentes de serviços e técnicos. Além disso, a participação deve ocorrer de acordo com os padrões sociais de importância, e não em razão de considerações internas de gerentes e técnicos.

As metodologias participativas devem estar orientadas para o incremento do poder técnico e político das comunidades nos processos decisórios que afetam o nível local (Freitas 2004). Nesse sentido, processos como educação científica (Fensham 2008) e de difusão da educação ambiental crítica (Guimarães 2004) são políticas decisivas.

No caso específico do monitoramento biológico, a proposta de gestão descentralizada, integrada e participativa sugere que “para delegar o manejo dos recursos hídricos ao nível mais baixo é preciso educar e treinar o pessoal correspondente em todos os planos e assegurar que a mulher participe em pé de igualdade dos programas de educação e treinamento”. Segundo a Agenda 21, as ações deveriam incluir programas de conscientização, com a mobilização e apoio em todos os níveis, e a partilha de conhecimento e tecnologia adequados, tanto para a coleta de dados quanto para a implementação de desenvolvimento planejado, incluindo tecnologias não-poluidoras e o conhecimento necessário para obter os melhores resultados do sistema de investimentos existente. Dentro desta perspectiva, a implantação de programas de monitoramento participativo da qualidade das águas para o empoderamento das comunidades para a gestão podem ser alternativas interessantes (Buss 2006).

iii) Como integrar as respostas dos diversos parâmetros físico-químicos, biológicos e outras informações em um plano único de monitoramento?

As respostas biológicas são as mais adequadas para detecção e avaliação de impactos à vida aquática (Barbour *et al.* 1999). O nível de organização biológica mais indicado para a detecção desses impactos dependerá de uma série de fatores, mas sobretudo dos objetivos da pesquisa (Figura 2). Uma vez que estes efeitos sejam detectados, dados ecológicos adicionais, como os físico-químicos e ecotoxicológicos são importantes para identificar as causas, as fontes e para implementar ações de mitigação adequadas. A integração dessas informações a dados hidrológicos e sobre usos de solos pode fornecer um amplo diagnóstico de avaliação de impactos.

Um dos objetivos do monitoramento é identificar os agentes estressores causadores de impacto. Dada a gama de poluentes potenciais (e suas possíveis combinações), é provável que esta tarefa seja difícil

e custosa. Em casos em que os efeitos das substâncias químicas nos ecossistemas são pouco compreendidos ou muito variados, os testes ecotoxicológicos, em níveis biomoleculares ou fisiológicos podem ser usados para conduzir investigações químicas específicas ou para caracterizar a toxicidade de efluentes totais. Em casos em que a degradação do habitat é mais evidente (um dos maiores impactos em rios e riachos brasileiros decorre do assoreamento, que destrói os habitats naturais da fauna aquática), uma combinação de dados sobre comunidades biológicas e uma avaliação física do ambiente seria a mais indicada.

As análises químicas – em conjunto com testes ecotoxicológicos, avaliações de efeitos fisiológicos e/ou biomoleculares – são úteis para confirmar as fontes pontuais de impacto e para desenvolver limites de descarga de efluentes. No entanto, por mais que se estabeleçam esses limites nunca será possível prever todas as combinações de agentes químicos, seus efeitos aditivos ou sua reação com o corpo d'água receptor. Assim, faz-se necessária a avaliação *in situ*

dos efeitos sobre o ecossistema, através de outras ferramentas de monitoramento biológico.

Uma abordagem baseada no reconhecimento atual de que os corpos hídricos são ecossistemas complexos requer que várias técnicas de monitoramento sejam integradas. Tanto as informações obtidas através de análises biológicas quanto as obtidas por métodos físico-químicos, ou outros, são fundamentais para a implantação de programas de controle da poluição, e devem ser consideradas complementares ao invés de mutuamente excludentes. Isso implica que a equipe responsável pela realização dessa tarefa deve ser multidisciplinar. Devemos considerar que para o uso desses dados na tomada de decisões sobre ações de recuperação ambiental, outras esferas, que não só a técnica/acadêmica, são importantes e devem estar sensibilizadas para a compreensão e aceitação dessas informações.

Após a mitigação dos danos, o biomonitoramento também têm importância fundamental na avaliação da efetividade das medidas de controle, ao avaliarem se houve ou não a recuperação desejada.

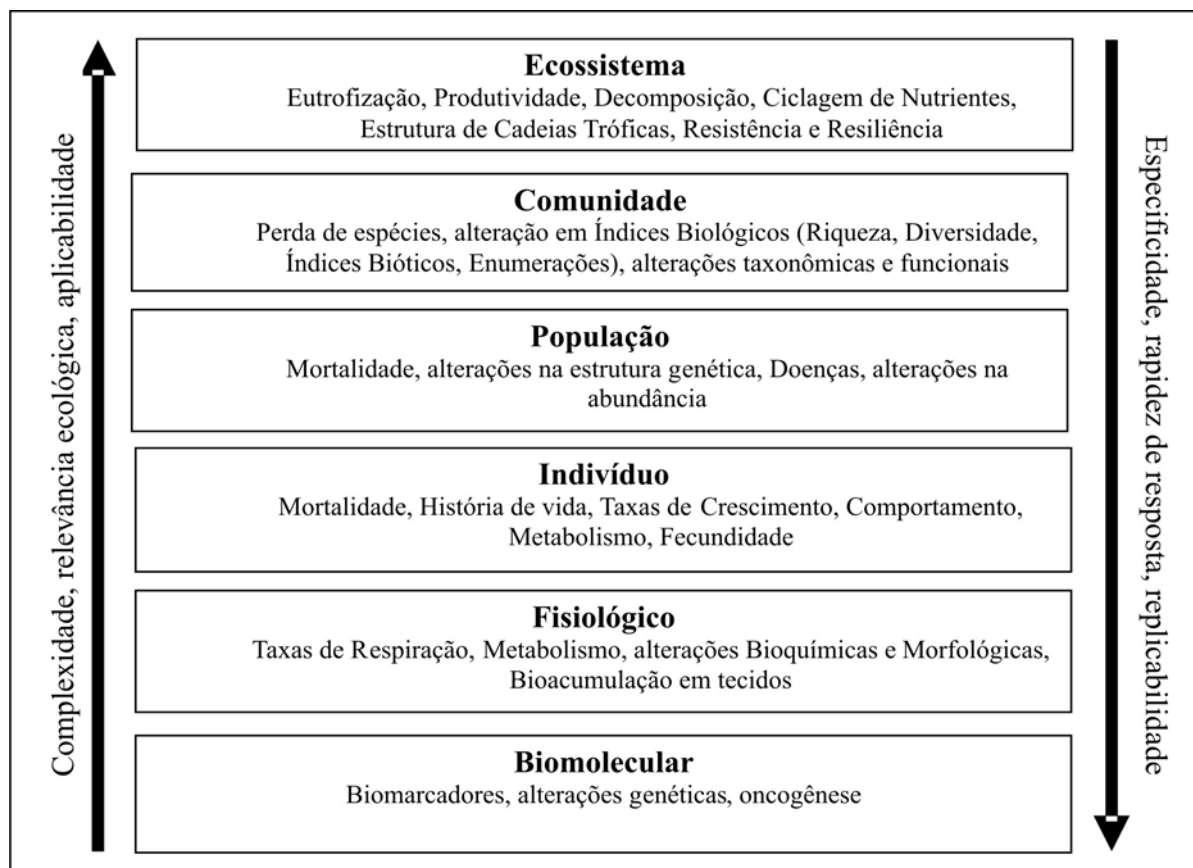


Figura 2. Respostas à contaminação nos diferentes níveis de organização biológica.

iv) *Mesmo quando consideramos o uso de uma única técnica de biomonitoramento (por exemplo, índices biológicos em nível de comunidade) é necessária a padronização de métodos para que seus resultados sejam comparáveis. Como padronizar esses métodos a fim de que os dados produzidos pelas diferentes agências estaduais sejam compatíveis para formar um (ou mais) banco(s) de dados em um país com dimensões continentais como o Brasil?*

Exemplos de outras partes do mundo – onde o monitoramento biológico tem seu uso formalizado legal e institucionalmente (Estados Unidos e União Européia) – indicam que, após um longo período de desenvolvimento quase independente de metodologias é necessário um grande esforço para unificá-las de forma a serem comparáveis.

No EUA, as Agências de Proteção Ambiental Estaduais (EPAs) desenvolveram seus métodos e, recentemente, vêm buscando redirecionar seus esforços para um protocolo comum (Plafkin *et al.* 1989, Barbour *et al.* 1999). Porém, isto não vem ocorrendo sem conflitos entre instituições que não abrem mão de que seus métodos, frutos de estudos específicos e baseados em tradições acadêmicas, sejam os escolhidos. Assim, outro ramo da EPA nacional vem realizando coletas paralelas aos planos usados pelos estados para buscar uniformizar os métodos (EMAP – *Environmental Monitoring and Assessment Program*; Stoddard *et al.* 2006), o que duplica a informação – isso quando não se contradizem, gerando incertezas – e aumenta os custos de avaliação.

O mesmo vem ocorrendo na Europa, onde são os países que vêm discutindo a uniformização de seus métodos (Hering *et al.* 2004). As dificuldades de implementação são enormes e os custos para intercalibração dos métodos, altíssimos (Buffagni & Furse 2006).

Tendo estas experiências em vista, o atual estágio do conhecimento sobre esses métodos no Brasil é ideal para iniciar o processo de padronização de metodologias, em nível nacional, buscando sempre respeitar as particularidades locais/regionais. Particularmente no caso de ecossistemas lóticos, cujos percursos dinâmicos frequentemente extrapolam os limites políticos, faz-se necessária a padronização dos métodos usados pelas agências ambientais estaduais, para que os resultados do monitoramento sejam comparáveis, permitindo assim a gestão no âmbito da bacia hidrográfica.

Esta ação é fundamental não apenas para a comparação de dados ao longo do gradiente longitudinal (como no caso de rios interestaduais) quanto entre bacias hidrográficas localizadas nos diferentes estados.

A comunicação efetiva das condições dos sistemas biológicos para os diversos setores da sociedade pode transformar o biomonitoramento de um exercício acadêmico e restrito em uma ferramenta efetiva para o manejo e a conservação dos corpos hídricos (Karr 1999). Como editores, esperamos que este número especial de *Oecologia Brasiliensis* represente um avanço no sentido de sensibilizar o público em geral para a importância do monitoramento biológico e enriquecer a discussão sobre as técnicas disponíveis para sua efetiva implementação.

REFERÊNCIAS

- HERING, D.; MOOG, O.; SANDIN, L. & VERDONSCHOT, P.F.M. 2004. Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia*, 516: 1-20.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish* (Second Edition). EPA 841-b-99-002. U.S. Environmental Protection Agency Office of Water, Washington, DC.
- BECK, U. 1997. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: U. Beck, A. Giddens & S. Lash. *Modernização reflexiva – política, tradição e estética na ordem social moderna*. UNESP, São Paulo.
- BUFFAGNI, A. & FURSE, M. 2006. Intercalibration and comparison - major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia*, 566: 357-364.
- BUSS, D.F. 2006. Possibilidades da participação pública em programas de biomonitoramento de rios. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, 35: 42-47.
- BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F. & NESSIMIAN, J.L. 2003. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 19: 465-473.
- CAIRNS, J. & PRATT, J.R. 1993. A history of biological monitoring using benthic Macroinvertebrates. Pp 10-17. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H., (eds.), *Freshwater Biology and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.
- FENSHAM, P.E. 2008. *Science Education Policy-making: eleven emerging issues*. Unesco.

- FREITAS, C.M. 2004. Ciência para a sustentabilidade e a justiça ambiental. Pp 141-158. *In*: H. Acselrad, S. Herculano & J.A. Pádua, (orgs), *Justiça ambiental e cidadania*. Relume Dumará, Rio de Janeiro.
- GUIMARÃES, M. 2004. Educação Ambiental Crítica. *In*: Layrargues, P.P., (coord.), *Identidades da educação ambiental brasileira*. Ministério do Meio Ambiente MMA, Brasília.
- HENRY, R.; CARMO, C.F. & BICUDO, D.C. 2004. Status trófico de um reservatório urbano brasileiro e prognóstico sobre a recuperação da qualidade da água. *Acta Limnol. Bras.*, 16 (3): 251-262.
- KARR, J.R. 1999. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41: 221-234
- KUHLMANN, M.L.; WATANABE, H.M; BRANDIMARTE, A.L.; ANAYA, M. & GURESCHI, R.M., 2005. Developing a protocol for the use of benthic invertebrates in São Paulo state's reservoirs biomonitoring. I. habitat, sampling period, mesh size and taxonomic level. *Acta Limnol. Bras.*, 17 (2): 143-153.
- LEBEL, J. 2003. *Health: an ecosystem approach*. Series En Foco. International Development Research Centre, Ottawa.
- LENAT, D.R. & BARBOUR M.T. 1994. Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: rapid bioassessment. Pp. 187-215. *In*: S.L. Loeb & A. Spacie, (eds.), *Biological monitoring of aquatic systems*. Lewis publishers, USA.
- NIEMI, G.J. & MCDONALD, M.E. 2004. Application of ecological indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35:89–111.
- PLAFKIN, J.L.; BARBOUR, M.T.; PORTER, K.D. GROSS, S. K. & HUGHES, R.M., 1989. *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Environmental Protection Agency Office of Water, Washington DC.
- ROSENBERG, D.M., & RESH V.H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Pp 1–9. *In*: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H., (eds.), *Freshwater Biology and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York.
- STODDARD, J.L.; LARSEN, D.P.; HAWKINS, C.P.; JOHNSON, R. K. & NORRIS, R.H. 2006. Setting expectations for the ecological condition of streams: The concept of reference condition. *Ecological Applications*, 16(4): 1267-1276.
- TUNDISI, J.G. 2000. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos: avanços conceituais e metodológicos. *Ciência & Ambiente*, 21: 9-20.

*Artigo de apresentação do Número Especial
Oecologia Brasiliensis 12(3), 2008.*