

## Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos

Aline Sueli de Lima Rodrigues, Paulo de Tarso Amorim Castro

Departamento de Geologia - Universidade Federal de Ouro Preto

aline@degro.ufop.br

Recebido: 05/07/07 – revisado: 22/11/07 – aceito: 13/02/08

---

### RESUMO

Os protocolos de avaliação rápida de rios, no âmbito da conservação e preservação dos recursos hídricos, podem ser utilizados como instrumentos complementares nos programas de monitoramento da qualidade dos ecossistemas fluviais e, portanto, como ferramenta útil para os órgãos gestores e controladores dos recursos naturais. Este trabalho traz ao leitor uma visão panorâmica do monitoramento da qualidade da água no Brasil, uma visão holística sobre os ecossistemas fluviais e, além disso, apresenta os protocolos existentes e aponta algumas razões pelas quais esses protocolos podem ser utilizados como instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** protocolos, monitoramento, avaliação, gerenciamento, recursos hídricos

---

### INTRODUÇÃO

Os cursos d'água têm sido alvo dos mais variados tipos de intervenções ambientais e modificações em suas características naturais. Alterações estas, resultantes principalmente de ações antropogênicas, como a urbanização, mineração e agricultura que implicam diretamente no uso dos recursos hídricos. A ocupação das bacias hidrográficas e conseqüentemente o uso das águas, altera as características físico-químicas e ambientais não apenas dos corpos d'água em si, mas também de suas margens e seu entorno, sendo poucos os cursos d'água que ainda mantêm suas condições naturais preservadas (Allan, 1995).

A degradação dos rios está sendo percebida e provoca mudanças legislativas e institucionais. A preocupação com o estado de degradação do meio ambiente induz a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação que sejam eficientes tanto em nível da própria avaliação, quanto como auxiliares nas tomadas de decisões nos processos de gestão ambiental. É comum o monitoramento dos rios ser realizado através da medição de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos. Estes métodos de avaliação são importantes para o estabelecimento de indicadores de potabilidade ou qualidade da água para o uso humano. Contudo, estes parâmetros quando analisados isoladamente, podem subestimar a real

magnitude dos danos que estão sendo causados aos ambientes aquáticos (Karr & Chu, 1999).

De acordo com Whitfield (2001), tais avaliações, agem como uma fotografia instantânea do local, não sendo possível avaliar as reais modificações dos *habitats* e o quanto as alterações da qualidade da água podem interferir sobre as comunidades biológicas presentes nos rios. Desta forma, uma avaliação para determinar a saúde do rio poderia englobar não apenas a determinação da qualidade da água, mas também das condições físicas do corpo d'água e do seu entorno, possibilitando que o monitoramento forneça informações que reflitam o verdadeiro estado global do meio.

Hannaforde *et al.* (1997) afirmam que o estudo das condições do meio físico, como tipos de margens, sedimentos, presença de *microhabitats* e vegetação do entorno, são essenciais em qualquer pesquisa biológica, pois a fauna aquática geralmente tem exigências específicas de *habitats* que são independentes da qualidade da água.

A preocupação em caracterizar os atributos físicos dos rios emergiu em meados da década de 1980, em programas de monitoramento dos recursos hídricos, a exemplo do *Environmental Monitoring and Assessment Program* (EMAP) da Agência Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e o *National Water Quality Assessment Program* (NAWWA) do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Estes programas incorporaram a medição de várias caracterís-

ticas da corrente, do canal e da morfologia das margens, com a finalidade de caracterizar a estrutura física dos segmentos de rio e de sua planície de inundação. As agências ambientais dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha adotaram uma avaliação visual mais rápida e qualitativa para caracterizar a qualidade física global do *habitat* (Barbour *et al.*, 1999).

Esta avaliação visual, rápida e qualitativa, pode ser realizada através de Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR's). Segundo Callisto *et al.* (2002), os protocolos são instrumentos que visam avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos no sentido de contribuir para o manejo e conservação destes ambientes, baseados em parâmetros de fácil entendimento e utilização simplificada.

Os resultados obtidos com os PAR's aliados aos resultados das tradicionais análises de qualidade da água, dão à avaliação um caráter holístico. No Brasil, os monitoramentos realizados pelas agências ambientais responsáveis, ainda não possuem este caráter, pois os programas de monitoramento ambiental são fortemente focados no aspecto água.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar ao leitor, além de uma visão panorâmica do monitoramento da água no Brasil, os PAR's existentes e apontar algumas razões pelas quais esses protocolos podem ser utilizados como instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos.

## MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL

Associado ao intenso uso dos recursos hídricos e conseqüentemente à sua poluição, cresce a necessidade do monitoramento das alterações da qualidade ambiental dos corpos d'água. No Brasil, o que se observa é um número restrito de informações a respeito da qualidade da água e o número de estações em operação é pouco expressivo na maioria dos Estados. Há por exemplo, uma diferença significativa entre o número de estações operadas nas regiões Sul e Sudeste em comparação àquelas disponíveis nas demais regiões do país (Figura 1). O que agrava a situação é o fato de na maioria das vezes as variáveis analisadas serem poucas e ineficientes em termos de avaliação do real estado dos recursos hídricos (Braga *et al.*, 2006).



**Figura 1. Mapa da distribuição das estações de monitoramento da qualidade da água até o ano de 2007.**  
(Fonte: IBAMA, 2007)

No ano de 2006, a rede de qualidade de água cadastrada no banco de dados HIDRO da Agência Nacional das Águas (ANA) contava com 2.052 estações de monitoramento em operação, sob responsabilidade de diversas entidades no Brasil. Dentre as estações em operação, aproximadamente 25% estavam sob responsabilidade da ANA, e as 75% demais estavam divididas entre outras 32 entidades estaduais e federais (ANA, 2007). A *Tabela 1* destaca os principais órgãos responsáveis pelas estações de monitoramento e o número de estações operadas pelos mesmos.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) realizou um levantamento em 2002, e declarou que a situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil ainda é precária (Brasil, 2002). Segundo o levantamento do MMA apenas os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul encontram-se em uma situação considerada ótima. Enquanto que na maioria dos Estados do Norte, com exceção do Amapá, e os estados do Nordeste, com exceção da Bahia e de Pernambuco, encontram-se em situação considerada incipiente. Nos demais estados a situação é considerada boa (Brasil, 2002).

O banco de dados do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH) verificou que a aplicação, por várias instituições, de diferentes metodologias de análise e de coleta dificulta a

comparação dos resultados, e que poucos laboratórios de análise ambiental têm seus ensaios credenciados no INMETRO, não existindo um controle interlaboratorial que permita estabelecer a confiabilidade dos resultados analíticos. Apenas como exemplo, um levantamento realizado pelo Ibama, mostrou que alguns estados brasileiros não possuem nenhum laboratório para análise de água, e somente em 12, pode-se encontrar laboratórios sofisticados (IBAMA, 2007).

**Tabela 1. Principais entidades responsáveis pelo monitoramento da qualidade da água no país.**

Entidade Operadora	Nº de estações em funcionamento
ANA	443
IGAM – MG	242
Cetesb – SP	149
Feema – RJ	120
Caesb – DF	110
Iema – ES	81
Seia – BA	10
CRPH – PE	70
IAP – PR	85

Fonte: Rebouças *et al.*, 2006.

Deve-se considerar que o monitoramento da qualidade da água exige cuidados especiais, uma vez que as variáveis envolvidas são muitas e a resposta da bacia hidrográfica sobre os processos que ocorrem na sua superfície possuem um grau de aleatoriedade muito expressivo (Braga *et al.*, 2006). Neste caso, as informações comumente coletadas pelas redes de monitoramento poderiam ser ainda melhor aproveitadas, caso fosse realizado um diagnóstico conjunto destas análises com outras relativas às características físicas dos corpos d'água. Os atuais programas de monitoramento são realizados com vistas a atender principalmente alguns tipos de uso da água, como consumo humano e industrial, irrigação e recreação, porém apenas o uso de parâmetros físico-químicos (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, turbidez e análise de metais pesados) e bacteriológicos (coliformes fecais) podem não ser suficientes para retratarem a realidade ambiental de um local ou de um conjunto de locais (Wooton, 1990; Castro & Casatti, 1997; Smith *et al.*, 1997).

Vale salientar que todos esses métodos de monitoramento realizados são onerosos, devido à

necessidade de manutenção das estações, do custo dos equipamentos (aparelhos de medição de parâmetros e laboratórios de análise), a contratação de profissionais especializados para realizar o monitoramento, além do grande tempo que é gasto com a realização das análises.

Tendo em vista as características dos atuais programas de monitoramento realizados e a necessidade de métodos de monitoramento eficientes tanto sob o aspecto da qualidade da água, quanto da avaliação do meio ambiente, os PAR's que serão discutidos no presente trabalho, destacam-se como ferramentas úteis na avaliação dos recursos hídricos, bem como complemento nas análises de qualidade de água amplamente utilizados.

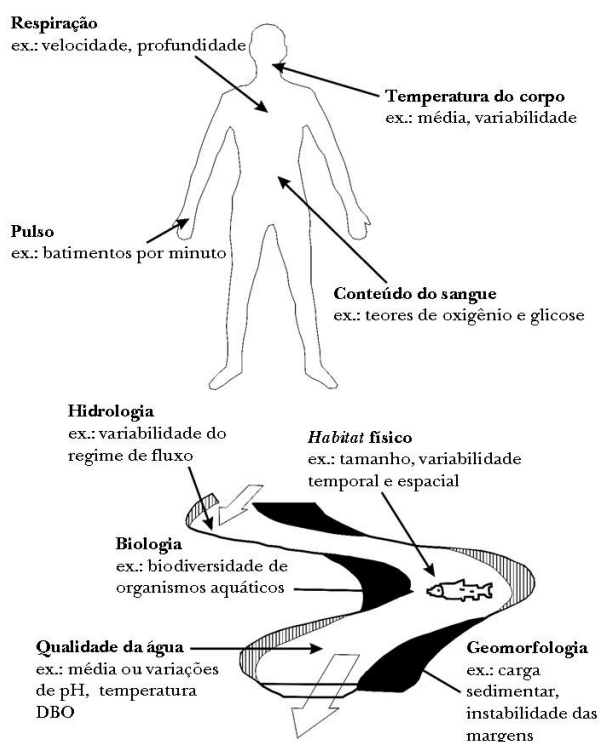
## UMA VISÃO HOLÍSTICA SOBRE OS ECOSISTEMAS FLUVIAIS

De acordo com Zalewski & Robarts (2003), uma avaliação dotada de caráter isolado, não contempla, de maneira global, a real situação do meio. É necessário que abordagens interativas, como as que englobam aspectos geomórficos, sedimentológicos, ecológicos, físico-químicos e biológicos das águas, sejam adotadas, afim de que cada um destes se completem mutuamente, disponibilizando informações mais sistêmica sobre a qualidade dos recursos hídricos (Karr & Chu, 1999; Barbour & Stribling, 1991).

Os ecossistemas aquáticos são integrados por componentes e processos bem mais amplos do que uma análise focada no componente água permite contemplar. A compreensão de todos esses componentes e processos, bem como da qualidade global do sistema só é possível a partir de uma análise que integre todos os fatores ecológicos envolvidos. Esta análise deve englobar, além das características intrínsecas à determinação da qualidade da água, também aquelas que determinam a qualidade do meio, bem como a relação entre estas características.

Segundo Maddock (1999), existe um importante conjunto de variáveis que deve ser levado em conta no estudo da "saúde" de um rio, ou da integridade dos ecossistemas fluviais. As variáveis que o autor considera importantes vão além dos padrões estabelecidos para definição da qualidade da água e estabelece como mostrado na *Figura 2*, uma analogia entre as variáveis que determinam a "saúde" do rio e do corpo humano.

A analogia proposta por Maddock (1999) explora os diferentes métodos de diagnóstico da “saúde” de um rio e os métodos comumente utilizados na avaliação da saúde de um paciente. Um médico quando analisa seu paciente a fim de diagnosticar o seu estado de saúde, utiliza vários indicadores tais como sua pulsação, respiração, temperatura corporal e o seu conteúdo sanguíneo. Para o autor o mesmo poderia ser usado na avaliação da “saúde” de um rio. Neste caso os indicadores utilizados deveriam incluir aspectos da hidrologia, biologia, indicadores da qualidade da água, *habitat* físico e da geomorfologia do sistema lótico.



**Figura 2. Analogia entre as ferramentas de diagnóstico para avaliação da saúde de um homem e de um rio. Modificado de Maddock (1999).**

Assim, o grande desafio é desenvolver métodos que caracterizam o estado global de um determinado sistema fluvial e que sejam fáceis e simples o suficiente para serem aplicados (Dale & Beyeler, 2001). É neste contexto que se inserem os PAR's, instrumentos úteis que levam em considera-

ção a análise integrada da qualidade da água, com uma metodologia fácil, simples e viável para a aplicação por pessoas treinadas. Ainda há de se ressaltar, que os PAR's além de oferecer oportunidade de avaliar os níveis de impactos antrópicos em trechos de bacias hidrográficas, constituindo-se em importante ferramenta em programas de monitoramento ambiental (Callisto *et al.*, 2001), facilita a tomada de decisão em relação aos problemas identificados durante a avaliação (Reynoldson & Metcalfe-Smith, 1992).

De acordo com Callisto *et al.* (2002), métodos de avaliação que englobam aspectos de integridade ambiental dos recursos hídricos e o conhecimento das variáveis físicas dos sistemas aquáticos, são de grande importância para a definição das características gerais dos ecossistemas fluviais. No caso de ecossistemas de rios, não só o corpo d'água deve ser caracterizado, mas também o ambiente adjacente ao longo de seu curso, devido principalmente à intensa interação entre os mesmos (Minatti-Ferreira & Beaumord, 2004)

## OS PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS

### Histórico

Até a década de 1970 a ênfase do monitoramento ambiental realizado nos Estados Unidos seguiu a tradição das análises quantitativas. Em meados da década de 1980, os órgãos ambientais perceberam a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação qualitativos, devido ao alto custo e demora das pesquisas quantitativas.

Em 1986, a EPA, iniciou estudos a respeito da qualidade das águas, juntamente com as agências de monitoramento de águas superficiais. Desse estudo resultou o relatório "*Surface Water Monitoring: A Framework for Change*" (EPA, 1987), que continha recomendações específicas para que as mudanças necessárias fossem tomadas. O relatório recomendava que os programas de monitoramento existentes fossem reestruturados, sugeria que fosse elaborado um guia de avaliação do meio físico que além de ser de baixo custo, fosse capaz de identificar os problemas existentes. Foi nesse período, a partir dos estudos realizados para a elaboração do relatório, que surgiu a idéia dos protocolos.

A Divisão de Avaliação e Proteção das Bacias Hidrográficas dos Estados Unidos desenvolveu os

chamados protocolos de bioavaliação rápida, em resposta às recomendações do relatório do EPA (1987). Esses protocolos foram criados para fornecer dados básicos sobre a vida aquática, para fins de qualidade de água e gerenciamento de recursos hídricos. Em 1989, foi publicado um documento escrito por Plafkin *et al.* (1989), que estabeleceu os primeiros protocolos.

Desde então, o que se tem visto, é um aumento das discussões acerca da importância da utilização de critérios integrados na avaliação da qualidade dos recursos hídricos, e da utilização de métodos que englobam estes critérios. Na Austrália, por exemplo, o governo desenvolveu um programa de avaliação da saúde dos sistemas fluviais do país, chamado *Australian River Assessment System* (AusRivAS), que realiza o monitoramento dos ecossistemas através de protocolos de avaliação rápida (Parsons *et al.*, 2002). No Brasil, a técnica ainda se encontra restrita a projetos desenvolvidos principalmente em Programas de Pós-Graduação e como exemplos podem ser citados os trabalhos de Callisto *et al.* (2002), Ferreira (2003), Uppgren (2004), Baldan (2006), Minatti-Ferreira & Beaumord (2006) e Rodrigues (2006).

### Elaboração

O uso dos PAR's como instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos, exige que indicadores ambientais sejam criteriosamente desenvolvidos para esse fim, os quais devem caracterizar efetivamente as condições dos sistemas lóticos.

No documento elaborado por Barbour *et al.* (1999), por exemplo, é possível encontrar protocolos de avaliação rápida de comunidades aquáticas, de macroinvertebrados bentônicos e peixes, bem como de aspectos físicos do meio. De acordo com os autores, a escolha dos parâmetros a serem analisados em cada protocolo particular depende principalmente da proposta de monitoramento a ser seguida.

Assim, em uma avaliação onde os aspectos físicos do *habitat* são priorizados, parâmetros como os relacionados com a geomorfologia, ecomorfologia, hidrologia e sedimentologia, devem ser adotados. Entretanto, quando a proposta está relacionada com a utilização de bioindicadores como ferramenta para avaliar a qualidade da água, parâmetros como os relacionados com os aspectos biológicos e ecológicos das comunidades aquáticas devem ser considerados.

### Pontuações

Os PAR's são utilizados para caracterizar o rio qualitativamente, ou estabelecer uma pontuação para o estado em que o ambiente se encontra. É estabelecido, a priori, um limite considerado normal, baseado em valores obtidos de locais minimamente perturbados. Estes locais são tomados como referência (Plafkin *et al.*, 1989), baseado na premissa de que os cursos d'água pouco afetados pela ação humana exibem condições biológicas mais favoráveis, e vice-versa (Minatti-Ferreira & Beaumord, 2004). O gradiente de estresse é definido a partir da observação destes locais "referência" e de locais com vários graus de alterações, desde locais pouco alterados até locais muito degradados.

Segundo Resh & Jackson (1993), esses protocolos são análogos ao uso de termômetros na avaliação da saúde humana, onde valores facilmente obtidos são comparados com o que se considera "normal".

As pontuações atribuídas a cada um dos parâmetros avaliados indicam o estado de saúde do sistema. Notas maiores refletem um estado de conservação, enquanto notas menores indicam que existe um estado de degradação severa. Para exemplificar a praticidade desta pontuação, destaca-se o estudo recente desenvolvido por Minatti-Ferreira & Beaumord (2006) em dois tributários do rio Itajaí-Mirim, no município de Brusque, SC. Neste estudo, para cada um dos parâmetros analisados, foram atribuídos valores correspondentes à situação verificada no local da avaliação, variando de uma situação ótima (nota 20), até uma situação ruim (nota 5), passando por situações intermediárias – boa e razoável – com notas 15 e 10, respectivamente. Após a análise das respostas obtidas em 5 pontos de cada um destes tributários, de 50 voluntários, foi possível verificar que o rio Cedro apresentava uma situação boa e o rio Limeira, uma situação ruim, ambos tributários do rio Itajaí-Mirim. De acordo com os autores, o padrão de respostas dos avaliadores poucas vezes apresentou distorções ou divergências entre os itens nos locais avaliados, indicando assim que o protocolo utilizado apresentou a confiabilidade necessária para aplicações dessa natureza.

Ao contrário dos métodos de monitoramento de qualidade da água tradicionais, nos quais os valores dos parâmetros físico-químicos são obtidos através de aparelhos, não existe um aparelho que forneça uma pontuação para o atributo avaliado. Baseado apenas na observação do meio, o resultado do PAR depende, sobretudo, dos conhecimentos que o avaliador possui e da sua capacidade de per-

ceber os fenômenos e as alterações do local sob observação. Contudo, a subjetividade do método pode ser amenizada com o treinamento do avaliador, com a realização de cursos de capacitação e com o acompanhamento parcial e de suporte de avaliadores mais experientes. De acordo com Minatti-Ferreira & Beaumord (2006), o PAR utilizado para avaliar a integridade ambiental dos tributários do rio Itajaí-Mirim, quando aplicado por pessoas mais experientes apresentou resultados com uma menor variação no padrão de respostas, corroborando com este propósito.

### Adaptações para diferentes condições ambientais

Sobre este aspecto, é importante deixar claro que, os PAR's não pretendem ser documentos rígidos e conclusivos; a idéia é agregar atributos básicos que devem ser considerados na avaliação ecomorfológica de ambientes fluviais, tanto aqueles localizados em áreas naturais quanto em áreas antropizadas (Ferreira, 2003).

De acordo com Ferreira (2003), uma avaliação ecomorfológica é aquela que considera de forma interativa os processos geomorfológicos e sedimentológicos como condicionantes básicos da estrutura e funcionamento dos ambientes fluviais em constante interação com a paisagem e cuja relação com a abordagem físico-química e a biológica contribuem para avaliar a integridade ambiental dos sistemas fluviais.

Os PAR's, longe de apresentar caráter universal, estão sujeitos a complementações e adequações de acordo com as especificidades regionais e locais. Sua construção é um processo contínuo de ajustes e aprimoramentos à medida que o seu emprego possa cobrir uma gama mais diversificada de tipologias fluviais, bacias hidrográficas e ecorregiões<sup>1</sup>.

São necessárias alterações para que os protocolos possam ser aplicados a diferentes condições ambientais, pois as características dos corpos d'água mudam em função de fatores como clima, relevo, geologia e vegetação. Realizadas as mudanças necessárias os protocolos são aplicáveis a qualquer tipo de ecossistema fluvial.

<sup>1</sup>As ecorregiões são definidas por características fisiográficas como geologia, tipo de solo, vegetação natural potencial e uso da terra, partindo do princípio de que comunidades biológicas dentro de uma região homogênea são similares (Omernik, 1987; Whittier et al., 1988).

### Aplicação

A avaliação de rios através dos PAR's é um exame das condições do corpo d'água através da observação, *in situ*, de uma lista de parâmetros físicos e biológicos pré-definidos. Após um treinamento prévio, os avaliadores vão a campo, e os PAR adaptado às condições locais, são aplicados sem a utilização de aparato tecnológico.

No trabalho de Callisto *et al.* (2002), desenvolvido em trechos de bacia no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG e no Parque Nacional da Bocaina, RJ, é possível verificar, a facilidade da aplicação de um PAR adaptado para a avaliação da diversidade de *habitats* nestes trechos. Os autores constataram que, além de não haver diferença significativa entre o padrão de respostas obtidas de 50 estudantes voluntários treinados e 50 não treinados, o tempo gasto na aplicação do protocolo em cada trecho de rio ou bacia analisada, foi de apenas 20 a 30 minutos. De acordo com os autores estes dados refletem um bom entendimento ou uma definição clara da metodologia utilizada na avaliação rápida de *habitats*, ainda que em ambos os grupos tenham ocorrido uma breve explicação sobre a estrutura e funcionamento de ecossistemas lóticos.

Ressalta-se que no momento da avaliação o observador, pode definir mais de um trecho de um determinado rio para o qual a avaliação será realizada. Nesta premissa, os resultados além de serem potencializados, podem ser comparados com os resultados obtidos de diferentes rios que tiveram suas integridades ambientais medidas através de um PAR adequadamente adaptado às condições locais.

### Aspectos positivos

O primeiro ponto positivo destacado nos PAR's diz respeito aos avaliadores que podem realizar o monitoramento. Em geral, não são necessários especialistas no assunto e o método pode ser estendido a pessoas de qualquer segmento social bastando para isso um treinamento prévio ou instruções mínimas que os permitem aplicar o protocolo sem grandes divergências. De acordo com Resh *et al.* (1996) e Buss (2002), os programas de monitoramento, como os que envolvem os recursos hídricos, podem ser realizados por pessoas treinadas e informadas sobre conhecimentos locais em sua região e trechos da bacia hidrográfica onde vivem, utilizando para isto metodologias padronizadas e simplificadas.

Buss *et al.* (2003), acreditam que um aspecto fundamental a ser considerado em um programa de

monitoramento de recursos hídricos é a habilidade em traduzir a informação tanto para os gestores ambientais quanto para o público em geral. Para os autores, em muitas vezes, a complexidade dos resultados dos métodos tradicionais de avaliação impede a interpretação pelo público leigo, tornando a informação restrita e, por isso, obscura. Ao contrário, os PAR's são ferramentas que permitem a formação de grupos de monitores ambientais voluntários nas comunidades, que freqüentemente podem realizar o levantamento de dados com qualidade, sendo considerados nos programas oficiais de monitoramento.

Um exemplo disto é a experiência norte-americana. No relatório 305(b) da EPA (2000) verifica-se que 27 Estados contam com dados coletados por grupos de voluntários, embora existam grupos organizados em 45 Estados e no Distrito de Columbia. O uso dos dados coletados por voluntários é fundamental para que os tomadores de decisão estaduais identifiquem quais corpos d'água estão contaminados ou em maior risco de contaminação. A EPA e o Congresso Nacional se baseiam em relatórios como este para definir as políticas públicas nacionais.

No estudo de Upgren (2004), onde um PAR foi desenvolvido para monitorar os efeitos da agropecuária e das práticas de conservação dos solos na qualidade da água e do sistema, nas nascentes do rio Araguaia, GO, pôde-se concluir que a inserção da comunidade local na avaliação ambiental dos rios da região é possível de ocorrer e inclusive de produzir resultados confiáveis. Neste estudo, os próprios fazendeiros da região, donos de terras por onde os rios percorrem, foram capazes de aplicar o PAR adaptado e realizar uma avaliação periódica dos trechos, promovendo o monitoramento dos recursos hídricos da região, visando a conservação e a preservação dos ecossistemas fluviais locais.

O fato de o método contribuir com a redução de custos na avaliação ambiental, é outro aspecto positivo dos PAR's. A viabilidade justifica-se, pois uma vez estabelecido o protocolo, a aplicação do mesmo não é onerosa, o que permite que uma vasta malha de pontos de amostragem seja estabelecida.

No estudo de Ferreira (2003), por exemplo, desenvolvido em uma área que se estende desde a nascente do rio das Velhas, MG, até a sua confluência com o ribeirão Sabará, no qual foi testada a aplicabilidade da avaliação ecomorfológica rápida, foi possível verificar, sem grandes custos (inviáveis à realidade das instituições brasileiras de pesquisa), que esta abordagem é capaz de apresentar resultados confiáveis e quando associado às condições físi-

co-químicas e biológicas das águas possibilitam avaliar a integridade ecológica dos sistemas fluviais.

Rodrigues (2006), baseado nesta mesma premissa, desenvolve PAR's a fim de serem utilizados na avaliação e monitoramento de pequenos cursos d'água de uma área de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado no Parque Estadual do Itacolomi, em Ouro Preto, MG. Dentre outros aspectos, a autora pretende avaliar a aplicabilidade e a confiabilidade destes protocolos justamente com a inserção da comunidade local, aliado ao baixo custo financeiro na aplicação dos mesmos nas áreas utilizadas na adaptação dos protocolos.

Segundo Hannaford *et al.* (1997) as informações obtidas através dos PAR's, no monitoramento dos recursos hídricos, podem ser úteis para (i) sensibilizar para questões de preservação desses recursos motivando a participação e inserção de comunidades no contexto social, político e econômico; (ii) oferecer um alerta imediato quando da ocorrência de acidentes ambientais (p.ex. derramamentos e fontes pontuais de poluição antrópica) e mortandade de peixes, contribuindo para medidas mitigadoras imediatas dos órgãos competentes; (iii) desenvolver técnicas e métodos de fácil aplicação para o desenvolvimento de programas de biomonitoramento, possibilitando a replicação da metodologia em outras sub-bacias em uma mesma região geográfica.

Em síntese, percebe-se que o método de avaliação através dos protocolos se diferencia das avaliações comuns, pois além de permitir que todo o ambiente seja avaliado, também permite a inserção da comunidade na gestão dos recursos hídricos aliado a um baixo custo, o que não acontece, por exemplo, nos programas que somente se preocupam com o estado da qualidade da água.

## **PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO NO BRASIL E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para que a gestão do ecossistema seja feita de forma integrada e eficaz, é necessário o conhecimento da situação ecológica, ou da "saúde" dos recursos hídricos, não bastando apenas os dados de qualidade da água. Apesar de importantes na definição de parâmetros de qualidade e potabilidade com vistas a atender usos como recreação e consumo humano, não abrangem o entendimento do funcionamento do ecossistema. Portanto, conhecer, ou entender a situação ambiental global só é possível

com a realização de uma avaliação de caráter mais amplo.

No Brasil, nenhuma das 2.052 estações de monitoramento em operação, registrada na base dados HIDRO da ANA, no ano de 2006, utiliza critérios integrados de avaliação da qualidade da água. Para Buss *et al.* (2003) o primeiro passo para a resolução dos problemas sócio-ambientais gerados pela má gestão dos recursos hídricos é o desenvolvimento de metodologias de diagnósticos eficientes e sistêmicas. O documento da Organização das Nações Unidas (ONU), *Agenda 21* (CNUMAD, 1992), já previa em suma que “a utilização da água deve ter como prioridades a satisfação das necessidades básicas e a preservação dos ecossistemas.” Além disto, o capítulo 18 deste documento sugere que a proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos seja feita a partir da aplicação de critérios integrados para o desenvolvimento, o manejo e o uso dos recursos hídricos.

Ainda que no Brasil, alguns trabalhos foram e estão sendo desenvolvidos, adotando esta visão holística de monitoramento, é necessário muito esforço para a disseminação desta idéia entre os órgãos ambientais e as instituições de pesquisa que desenvolvem e utilizam métodos de monitoramento da qualidade da água.

É nítido a gradativa perda da qualidade ambiental das bacias hidrográficas brasileiras devido à ações que provocam a destruição ambiental. De acordo com Barrella *et al.* (2001), os ecossistemas aquáticos compõem alguns dos mais valiosos recursos naturais renováveis onde suas terras adjacentes possuem importantes *habitats* para produção pesqueira e para conservação da vida silvestre. Os PAR's são instrumentos de gestão ambiental viáveis e eficazes sob este aspecto, usados para avaliar os aspectos físicos dos ecossistemas fluviais, são uma opção interessante a ser adotada no gerenciamento ambiental, principalmente pelos órgãos ambientais públicos, uma vez que é sabido que os recursos financeiros destinados ao monitoramento e avaliação ambiental são escassos.

Não apenas pelas razões financeiras os protocolos são aqui apresentados como uma alternativa complementar no monitoramento dos recursos hídricos, mas também porque são instrumentos que podem ser estendidos à comunidade tornando-a um agente participante no processo de gerenciamento ambiental. Quando a sociedade torna-se participante, a gestão ambiental ganha forças, ficando clara a importância da integração da comunidade com o ecossistema, os PAR's por não exigirem que a aplicação seja feita por especialistas, mas, por pessoas

treinadas, permitem que os membros da sociedade participem da gestão, tanto como avaliadores como colaboradores nas tomadas de decisão. As informações obtidas da avaliação realizada pela comunidade, juntamente com os dados coletados e analisados por profissionais, possibilitam uma maior percepção da realidade ambiental dos recursos hídricos, e conseqüentemente permitem que os tomadores de decisões implementem políticas públicas voltadas para as reais necessidades identificadas.

Enfim, o objetivo deste trabalho foi propor a utilização dos PAR's, aliados aos métodos tradicionais, como instrumentos de monitoramento dos recursos hídricos, uma vez que estes vêm sendo desenvolvidos há algum tempo em outros países e incipientemente no Brasil, principalmente em programas de pesquisa. É importante lembrar que apesar de ser um método interessante sob vários aspectos, ainda é necessário o desenvolvimento de várias pesquisas sobre o assunto, a fim de tornar os PAR's aplicáveis a locais distintos e com características ambientais diferentes.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Informações hidro-lógicas**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2007.
- ALLAN, J.D. **Stream Ecology. Structure and function of running waters**. New York: Chapman & Hall, 1995.
- BALDAN L.T. **Composição e diversidade da taxocenose de macroinvertebrados bentônicos e sua utilização na avaliação de qualidade de água no Rio do Pinto Morretes, Paraná, Brasil**. 2006. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, 2006.
- BARBOUR, M.T.; STRIBLING, J.B. Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities. **Biological Criteria: Research and Regulation**, n. EPA-440-5-91-005, p. 25-38, 1991.
- BARBOUR, M.T. *et al.* **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**. Second Edition. Washington: U. S. Environmental Protection Agency, office of water, 1999.
- BARRELLA, W. *et al.* **Matas Ciliares. Conservação e Recuperação**. São Paulo: Edusp. Fapesp., 2001.
- BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C.E.M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras; 2006.



- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Situação da atividade de monitoramento da qualidade da água realizada pelos órgãos estaduais de meio ambiente**. Brasília, DF, 2002.
- BUSS, D.F. Proteção à vida aquática, participação das comunidades e políticas de recursos hídricos. **Ciência e Ambiente**, v. 25, p. 71-84, 2002.
- BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, mar-abr. 2003.
- CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F.A.R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, p. 259-266, 2001.
- CALLISTO, M. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica, Brasiliensis**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.
- CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L. The fish fauna from a small forest stream of the upper Paraná River basin, southeastern Brazil. **Ichthyol. Explor. Freshw.**, v. 7, n. 4, p. 337-352, 1997.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. (CNUMAD). **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21**. Brasília, DF, 1992.
- DALE, V.H.; BEYELER, S.C. Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, v. 1, p. 3-10, 2001.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Surface water monitoring: A framework for change**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Policy Planning and Evaluation, 1987.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **305(b) Statewide Water Quality Inventory Report – 2000**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2000.
- FERREIRA, H.L.M. **Relação entre fatores sedimentológicos e geomorfológicos e as diferenciações estruturais das comunidades de invertebrados de trechos do alto da bacia do rio das Velhas**. 2003. Dissertação em andamento. Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2003.
- HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **J. N. Am. Benthol. Soc.**, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE (IBAMA). **Ações no Monitoramento da Qualidade da Água no País**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2007.
- KARR, J.; CHU E,W. **Restoring life in running waters: better biological monitoring**. Washington: Inland Press, 1999.
- MADDOCK, I. The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. **Freshwater Biology**, v. 41, p. 373-391, 1999.
- MINATTI-FERREIRA, D.D.; BEAUMORD, A.C. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no Município de Brusque, SC. **Health and Environmental Journal**, v. 4, p. 21-27, 2004.
- MINATTI-FERREIRA, D.D.; BEAUMORD, A.C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos. **Health and Environmental Journal**, v. 7, n. 1, p. 39-47, 2006.
- OMERNIK, J.M. Ecoregions of conterminous United States. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 77, p. 118-125, 1987.
- PARSONS, M.; THOMS, M.; NORRIS, R. **Australian river assessment system: AusRivAS physical assessment protocol**. Monitoring river health initiative technical report number 22. Canberra: Commonwealth of Australia and University of Canberra, 2002.
- PLAFKIN, J.L. *et al.* **Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1989.
- REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006.
- RESH, V.H.; MEYRS, M.J.; HANNAFORD, M.J. Macroinvertebrates as biotic indicators of Environmental Quality. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G.A. (Org.). **Methods in Stream Ecology**. San Diego: Academic Press, 1996.
- RESH, V.H.; JACKSON, J.K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. (Org.). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993, p. 195-233.
- REYNOLDSON, T.B.; METCALFE-SMITH, J.L. An overview of the assessment of aquatic ecosystem health using benthic invertebrates. **Journal of Aquatic Ecosystem Health**, v. 1, p. 295-308, 1992.
- RODRIGUES, A.S.L. **A utilização de protocolos de avaliação rápida no monitoramento e avaliação dos cursos d'água nas cabeceiras da bacia Rio Doce existentes no Parque Estadual do Itacolomi em Ouro Preto/MG e arredores**. 2006. Projeto de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Evolução

Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2006.

- SMITH, W.S.; BARRELA, W.; CETRA, M. Comunidade de peixes como indicadora de poluição ambiental. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 1, n. 1, p. 67-71, 1997.
- UPGREN, A. **The Development of an Integrated Ecological Assessment of the Headwaters of the Araguaia River, Goiás, Brazil**. 2004. Dissertação. University of Duke, 2004.
- ZALEWSKI M.; ROBARTS R. Ecohydrology – a new paradigm for integrated water resource management. **SIL News**, v. 40, p. 1-5, 2003.
- WHITFIELD, J. Vital Signs. **Nature**, v. 411, n. 6841, p. 989-991, 2001.
- WHITTIER, T.R.; HUGUES, R.M.; LARSEN, D. P. Correspondence between ecoregions and spatial patterns in stream ecosystem in Oregon. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 45, p. 1264-1278, 1988.
- WOOTON, R.J. **Fish and fisheries series 1: ecology of teleost fishes**. New York: Chapman and Hall, 1990.

***Rapid Assessment Protocols: Complementary Instruments to Monitor Water Resources***

**ABSTRACT**

*Rapid assessment protocols for rivers can be used as complementary instruments in the monitoring programs of quality, recovery and preservation of river ecosystems and, therefore as an essential tool for natural resources managers and controller agencies. This work presents an overview of water quality monitoring in Brazil, a holistic view of the river ecosystems and the existing protocols. It also presents a few reasons why these protocols can be used as complementary instruments in water monitoring.*

*Key-words: protocol, monitoring, assessment, management, water resources.*