

A IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO DO HABITAT NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS: UMA REVISÃO

Aline Sueli de Lima Rodrigues¹, Guilherme Malafaia², Paulo de Tarso Amorim Castro³

RESUMO

Os agentes estressores dos ecossistemas fluviais são de natureza e intensidade variada e tem papel relevante na destruição e degradação dos habitats. As alterações morfológicas dos rios, além de afetarem o regime da vazão, reduzem o corredor fluvial e degradam a zona ripária com consequentes perdas na biodiversidade e na integridade ecológica desses ambientes. Nesta perspectiva, este trabalho, por meio de uma revisão da literatura, suportada por dados coletados no Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto-MG, apresenta alguns fatores físicos do habitat que influenciam as diferenciações espaciais da estrutura da biota aquática e destaca a importância da avaliação do habitat físico no monitoramento dos recursos hídricos. Além disso, apresenta brevemente os protocolos de avaliação rápida de rios, um instrumento de avaliação visual que possibilita caracterizar, in situ, a qualidade física global do habitat nos segmentos fluviais. O entendimento do habitat é interessante, pois permite compreender os fatores que condicionam a biodiversidade fluvial e esse entendimento representa um aprimoramento do conhecimento sobre os atributos da paisagem em escala regional e local, contribuindo para explicar a distribuição e a diversidade biológica de rios, entre distintas regiões ecoclimáticas.

Palavras-chave: *habitat; biota aquática; integridade ecológica; rios; conservação ambiental.*

IMPORTANCE OF HABITAT ASSESSMENT IN MONITORING QUALITY OF WATER RESOURCES: A REVIEW

ABSTRACT

The agents of stress of fluvial ecosystems have large origin and intensity and play important role in the destruction and degradation of habitats. The physical and morphologic alterations of the rivers, besides affecting the flow regime, reduce the fluvial corridor and degrade the riparian zone with consequent losses in the biodiversity and the ecological integrity of fluvial environments. In this perspective, this paper through a literature review, supported by data collected in the Parque Estadual do Itacolomi, Ouro Preto-MG, presents some physical factors of habitat that influence the spatial differences of freshwater biota and the importance of physical habitat assessment in the monitoring of water resources. In addition, presents briefly the rivers rapid assessment protocols, a visual assessment method that it makes possible to characterize, in situ, the global the physical quality of the habitat in the fluvial segments. The knowledge of the characteristics of the habitat is the best way to understand the factors that affect fluvial biodiversity and this understanding is an improvement of the knowledge of the attributes of the landscape in regional and local scale and contributes to explain the distribution and the biodiversity of rivers, between distinct ecoclimatic regions or ecoregions.

Key words: *habitat; biota aquatic; ecological integrity; rivers; environmental conservation.*

INTRODUÇÃO

A manutenção dos sistemas lóticos brasileiros tem sido considerada um grande desafio para a sociedade atual. Diante de um cenário sem precedentes, no qual os sistemas lóticos vêm sofrendo frequentemente uma variedade de distúrbios ambientais, tem sido

exigido, cada vez mais, que medidas alternativas sejam tomadas em prol da conservação da biodiversidade aquática. No entanto, o Brasil, apesar de ter sido representado na primeira reunião da Sociedade Internacional de Limnologia realizada em 1922, na cidade de Kiel - Alemanha, de acordo com Buss (1), definitivamente não seguiu as tendências

¹ Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto e Instituto Federal de Minas Gerais, Coordenadoria de Meio Ambiente. aline@degeo.ufop.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. guilherme@nupeb.ufop.br

³ Professor Doutor do Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto. paulo_casto@degeo.ufop.br

mundiais de avaliação e conservação dos sistemas fluviais. Esse fato aumenta a necessidade e a responsabilidade, por parte das instituições de ensino e pesquisa e dos órgãos governamentais, de incentivar e implementar estudos que visam promover uma avaliação de caráter global dos ecossistemas lóticos, que enquanto recurso sócio-ambiental apresenta relevante valor econômico e social, que constitui objeto de disputas e conflitos politicamente significativos.

Nesse contexto insere-se o estudo da diversidade de habitats, o qual oferece oportunidade de avaliar os níveis de impactos antropogênicos em trechos de bacias hidrográficas, constituindo-se em importante ferramenta em programas de monitoramento ambiental (2,3). De acordo com Hannaford et al. (4), o estudo da qualidade do habitat físico é essencial em qualquer pesquisa biológica, uma vez que, a fauna aquática apresenta frequentemente exigências específicas de habitats, que não necessariamente estão associadas com a qualidade da água dos ambientes em estudo.

Por definição, o termo habitat, num sentido mais amplo, significa o lugar onde um organismo vive incluindo todas as suas dimensões: física, química e biológica; e num sentido mais restrito, de acordo com Karr & Chu (5), refere-se à estrutura física de um ambiente. Para Barbour et al. (6), distintos habitats possibilitam o estabelecimento de grupos distintos de organismos aquáticos sobre os quais a evolução forja estratégias e características dos seus ciclos de vida.

Segundo Southwood (7), o potencial biológico de um rio é limitado pela qualidade do meio físico onde é formado um conjunto dentro do qual as comunidades biológicas se desenvolvem. Assim, a avaliação do meio físico de um rio é definida como a avaliação da estrutura do habitat físico que influencia a qualidade da água e a condição das comunidades aquáticas que ali residem (6). Variações nas condições ambientais afetam diretamente o padrão de vida, a população e a distribuição micro ou macro-geográfica de organismos aquáticos (8,9). A avaliação do meio físico permite entender a relação entre a

qualidade do habitat e as condições biológicas do meio e, além disso, pode, por exemplo, identificar alterações ambientais nos sítios avaliados e prover informações básicas que auxiliem na interpretação de resultados biológicos (10).

Barbour & Stribling (10), assumindo que a qualidade da água deva permanecer constante, propõem uma relação previsível entre a qualidade do habitat e as condições biológicas de um ecossistema lótico. De acordo com os autores, essa relação pode ser facilmente observada através de uma representação gráfica, na qual uma curva sigmóide prevê o quanto a qualidade do meio físico está relacionada às condições biológicas do meio ou o quanto pode afetar as comunidades aquáticas.

No eixo x do gráfico, é observada a variação da qualidade do habitat que pode variar de “péssima” a “ótima”, de acordo com a condição “referência” (condição preservada) previamente estabelecida, enquanto no eixo y é observada a variação da condição biológica correspondente à qualidade do habitat verificada. Assim, tanto a qualidade do habitat quanto a condição biológica, podem variar de 0 a 100% em relação à condição “referência” podendo ser categorizadas em diferentes níveis de integridade ambiental, conforme mostrado na figura 1.

Nessa perspectiva, deve-se ressaltar a necessidade de desenvolver métodos que auxiliem a conservação da biodiversidade aquática e a importância de compreender os padrões globais que determinam a qualidade dos sistemas lóticos. Assim, o presente estudo tem como objetivo, apresentar uma revisão da literatura, suportada por dados coletados em uma Unidade de Conservação (UC), no qual é apresentada a importância de alguns parâmetros físicos do habitat, os quais podem ser agregados aos parâmetros clássicos de avaliação da qualidade da água. Além disso, discute de que forma os parâmetros físicos apresentados podem ser avaliados e inseridos como variáveis úteis nos processos de avaliação e monitoramento dos recursos hídricos.

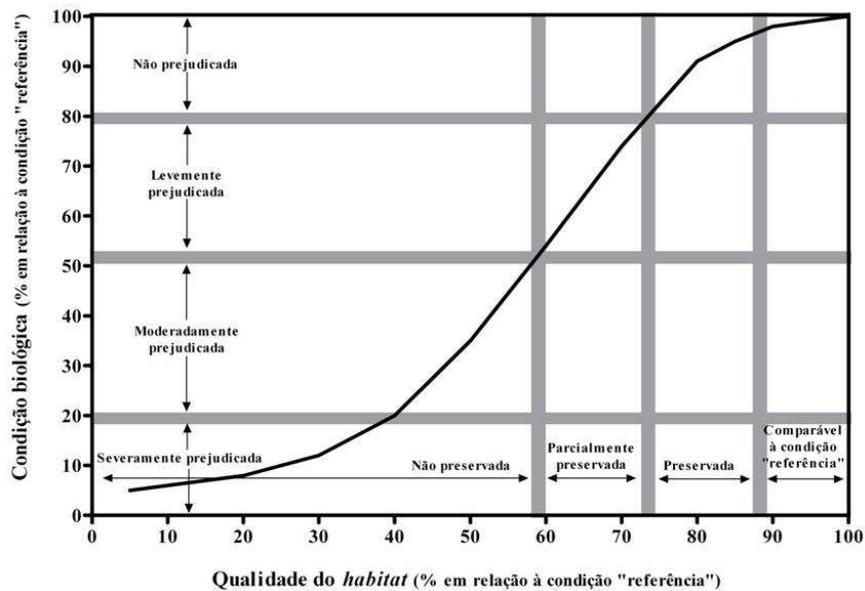


Figura 1 - Relação entre a qualidade física do habitat e a condição biológica de um ecossistema aquático.
Fonte: Modificado de Barbour & Stribling (10).

ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS: LEVANTAMENTO DE DADOS

Durante a pesquisa bibliográfica, foram selecionados trabalhos que abordaram direta ou indiretamente os principais aspectos envolvidos na relação existente entre os aspectos físicos do habitat e a conservação da biodiversidade aquática. Através desta pesquisa procurou-se identificar os parâmetros físicos do habitat mais importantes que estão diretamente ligados à conservação dos recursos hídricos. Além disso, a pesquisa visou esclarecer como os tipos de cobertura vegetal (natural ou modificada), condições hídricas, rede de drenagem, mananciais, linhas de nascentes, unidades morfológicas, unidades geológicas e litológicas, ocupação agrícola e/ou urbana, vias de circulação, áreas sob impacto de usos inadequados e processos erosivos, podem interferir nas comunidades aquáticas e/ou influenciá-las de maneira prejudicial.

Com o intuito de identificar em campo (no ambiente natural), os parâmetros físicos do habitat identificados durante a pesquisa bibliográfica e, dessa forma, permitir ao leitor a visualização dos mesmos em diferentes condições ambientais, foram realizados 15 excursões no interior do Parque Estadual do Itacolomi (PEIT). Um total de 32 pontos foram visitados, cujos critérios utilizados para seleção dos trechos analisados foram baseados nas características ecomorfológicas dos cursos d'água, as quais incluem geologia local, vegetação, relevo e gradiente dos cursos d'água, bem como, nas condições ambientais apresentadas pelos mesmos. Além disso, a facilidade de acesso aos trechos foi um critério determinante para a escolha dos locais visitados.



Figura 2 - Representação esquemática da localização do PEIT.

PARÂMETROS FÍSICOS DO HABITAT E SUAS CONTRIBUIÇÕES NO MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Muito do conhecimento disponível sobre os habitats fluviais emergiu de estudos comparativos que descreveram as relações estatísticas entre as variáveis do habitat e a abundância da biota aquática (12). Em resposta à necessidade de incorporar nos programas de avaliação e monitoramento dos recursos hídricos escalas mais abrangente, foram desenvolvidos, em diferentes países, basicamente dois tipos de abordagens para interpretar a estrutura do habitat. A primeira incorpora a caracterização da morfologia e das margens do canal, das estruturas físicas dos segmentos, da planície de inundação e da dinâmica do fluxo (13,14). No contexto dessa abordagem, citam-se o Environmental Monitoring and Assessment Program (EMAP) da Agência Ambiental dos Estados Unidos (EPA) e o National Water-Quality Assessment Program (NAWQA) do Serviço Geológico, também dos Estados Unidos (USGS). A segunda abordagem visa a uma avaliação visual mais rápida, semi-quantitativa, que possibilita caracterizar, in situ, a qualidade física global do habitat nos segmentos fluviais (10,15-19). Como exemplos dessa segunda abordagem citam-se o Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen Kartieranleitung

(GNWK) adotado pelo Departamento de Meio Ambiente de Nordrhein-Westfalen na Alemanha, o Rapid Bioassessment Protocols (RBPs) e o River Rapid Survey (RHS) adotados, respectivamente, pelas agências ambientais dos EUA e da Grã Bretanha. Além desses, há de se ressaltar o Australian River Assessment System (AusRivAS) adotado na Austrália (20).

A partir da realização de uma ampla pesquisa bibliográfica, alicerçada por dados qualitativos obtidos nas visitas de campo realizadas no PEIT, serão apresentadas a seguir as contribuições específicas de alguns parâmetros físicos do habitat identificados durante a realização deste estudo. Tais parâmetros, ao serem incorporados como variáveis físicas nos métodos clássicos de avaliação da qualidade da água podem ser importantes na manutenção das comunidades aquáticas.

Parâmetro 1: Substratos disponíveis

De acordo com Barbour et al. (6), esse parâmetro inclui a quantidade e a variedade relativa de estruturas naturais no rio, tais como seixos, matacões, troncos e galhos de árvores caídos, além de margens escavadas disponíveis para a biota aquática como refúgio, alimento e local de desova. Berkman & Rabeni (21) afirmam que a perda de habitats aquáticos pode ser resultante de processos de assoreamento, já que o rio torna-se cada vez mais raso, estreito e canalizado. Como consequência, as espécies que vivem sobre o

fundo do rio são privadas das condições adequadas de alimentação e reprodução, contribuindo diretamente para o declínio da biodiversidade do sistema.

Para Allan (22), a diversidade e abundância das comunidades aquáticas estão estritamente relacionadas à maior estabilidade dos substratos e com a presença de matéria orgânica no leito dos rios. Diversos estudos que tratam da relação “substrato-organismo”

entendem que o substrato é um aspecto fundamental do ambiente físico sendo importante para a manutenção do ecossistema aquático e sua biota local (23-25). A figura 3 ilustra dois trechos de rios localizados no interior do PEIT, nos quais é possível observar a presença de vários tipos de substratos, mistura de folhas, galhos e troncos submersos, o que caracteriza a situação dos trechos como “ótima”.



Figura 3 - Condições “referência” encontradas no PEIT, em um trecho de rio de alto curso (A) e em um trecho de baixo curso (B).

Parâmetro 2: Substratos em poços

O parâmetro “substrato em poços” reflete o tipo e a condição do substrato do fundo que ocorre em poços. De acordo com Beschta & Platts (26), substratos firmes e com plantas aquáticas enraizadas suportam uma variedade mais ampla de organismos que os substratos com predomínio de argila ou fundo rochoso e sem plantas.

Segundo Allan (22), a grande variedade de substratos com composição mineral, forma, tamanho, área da superfície, textura e espaços intersticiais, tem influência direta na distribuição e abundância dos organismos. Os detritos orgânicos, em associação às partículas inorgânicas e com material clástico, ofertam substratos variados para fixação e colonização de plantas e invertebrados, criando habitats favoráveis à reprodução, abrigo e refúgio para a biota aquática (27). Duas diferentes situações, observadas em dois trechos de rios do PEIT, são apresentados na figura 4.



Figura 4 - Diferentes situações, relativas ao parâmetro "substratos em poços", observadas no PEIT. Em (A) observa-se a presença de raízes entrelaçadas e detritos orgânicos no fundo de um pequeno poço e em (B) uma mistura de areia não compactada e argila com algumas raízes entrelaçadas.

Parâmetro 3: Soterramento

O conceito de "soterramento" foi introduzido originalmente por Klamt (28) e Kelley & Dettman (29) e, posteriormente, autores como Platts et al. (30), Fitzpatrick et al. (31) e MacDonald et al. (32) o aprimoraram. Dessa forma, soterramento refere-se à extensão na qual a rocha, cascalho, seixos, partículas de clastos e galhos estão cobertos ou mergulhados no fundo do rio dentro da fração areia, silte ou argila, o que reduz a área de superfície disponível para a biota aquática.

É possível encontrar na literatura várias formas de se avaliar o soterramento, contudo apesar de ser um parâmetro mensurável, Sylte & Fischenich (33) afirmam

que sua avaliação visual fornece informações úteis de acordo com a proposta de monitoramento. De acordo com os autores, a medida do soterramento pode ser utilizada para avaliar os habitats disponíveis para macroinvertebrados e para a procriação de peixes, podendo ainda ser usada como uma medida da qualidade da água. Altos níveis de soterramento estão correlacionados a uma baixa produtividade biótica (10).

O soterramento deve ser estimado preferencialmente à montante das corredeiras, e em áreas onde o substrato é pedregoso como mostrado na figura 5. Além disso, é avaliado apenas em trechos de rios de alto curso.

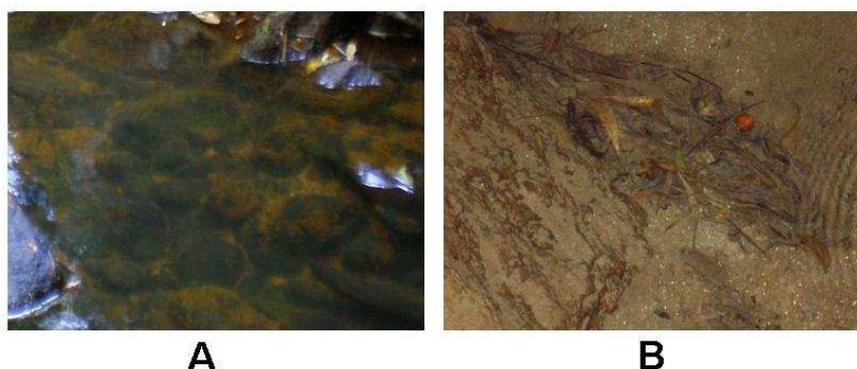


Figura 5 - Diferentes situações, relativas ao parâmetro "soterramento", observadas no PEIT. Em (A) observa-se uma condição "ótima" e em (B) uma situação "péssima", com presença de sedimento fino cobrindo os cascalhos, seixos e partículas de clastos, diminuindo significativamente a disponibilidade de habitats para a biota local.

Parâmetro 4: Diversidade dos poços

Esse parâmetro é avaliado apenas em trechos de rios de baixo curso, pois os cursos d'água de cabeceira são, em geral, rasos e apresentam fundos arenosos ou pedregosos devido à correnteza imposta pela declividade. À medida que os rios avançam para terrenos menos íngremes ou se aproximam de níveis de base locais, a velocidade da água diminui e os mesmos começam a apresentar características como sinuosidade, profundidade e volume. De acordo com Minshall (25), os poços são formações determinantes na qualidade do substrato

disponível para as comunidades aquáticas, e conseqüentemente, determinam a estrutura da composição dessas comunidades.

O parâmetro "diversidade dos poços" estima a variabilidade de tipos de poços que ocorrem ao longo do curso d'água avaliado, com relação ao tamanho e profundidade dos mesmos. De acordo com Barbour et al. (6), uma maior variedade de tipos de poços suportará uma variedade mais ampla de espécies, enquanto rios com baixa diversidade de poços ou poços monótonos suportarão uma menor biodiversidade (Figura 6).

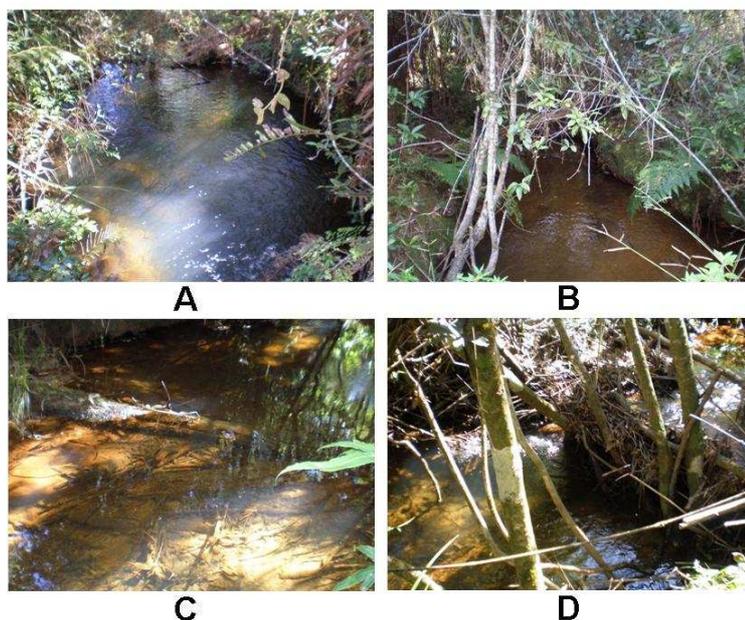


Figura 6 - Diversidade de poços encontrada em um trecho de rio no PEIT. Em (A) observa-se um poço grande/profundo, em (B) um poço pequeno/raso, em (C) um poço grande/raso e em (D) um poço pequeno/raso.

Parâmetro 5: Sedimentos

Os sedimentos, de acordo com Esteves (34), são resultados da integração de todos os processos que ocorrem em um sistema lótico. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, os sedimentos é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Algumas pesquisas têm sido desenvolvidas enfocando a influência do sedimento sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, e todas têm considerado que a composição granulométrica é um dos principais fatores responsáveis pela estrutura e distribuição das

comunidades biológicas em ecossistemas aquáticos (35-37). Segundo Callisto & Esteves (36), a composição e distribuição dos sedimentos são fatores importantes na determinação dos padrões de distribuição de organismos e estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos. França et al. (38) afirmam que o sedimento de ecossistemas aquáticos é formado por uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone, exercendo um importante papel na estruturação dos ecossistemas lóticos, sendo o substrato responsável pela disponibilidade

de habitats, alimentação e proteção da biota local.

No entanto, há de ressaltar que apesar da presença de sedimentos estar diretamente relacionada à qualidade do habitat aquático, quando estes sedimentos se depositam

formando calhas ou obstruindo o leito dos rios, acaba diminuindo os locais disponíveis para a biota aquática e, neste caso, sendo um fator negativo. A figura 7 mostra duas diferentes situações encontradas no PEIT relativas ao referido parâmetro.



Figura 7 - Duas situações relativas à deposição de "sedimentos" observada no PEIT. Em (A) observa-se que a deposição de sedimentos finos começa a obstruir o leito e prejudicar o curso natural da água e em (B), o curso da água é normal, não havendo indícios de erosão nas margens ou deposição de sedimentos finos na calha do rio.

Parâmetro 6: escoamento do canal

O preenchimento do canal pela água determina as condições de escoamento do curso d'água, produzindo locais com mais ou menos substratos expostos e, por conseguinte, determinando a quantidade desses que estão disponíveis para a biota aquática. Quando a água não é suficiente para cobrir o assoalho do rio, as comunidades locais são prejudicadas, uma vez que, a quantidade de substratos propícios à sobrevivência dos organismos torna-se limitada (32,39). Os resultados da avaliação deste parâmetro passam a ter uma relevância ainda maior

quando as avaliações são realizadas em períodos diferentes ou quando os resultados obtidos nesses períodos são comparados (3).

A figura a seguir mostra dois trechos localizados no PEIT nos quais a condição de escoamento do canal é comparável à condição minimamente perturbada. Figura 8. Situações encontradas no PEIT, ambas em período chuvoso. Em (A) um trecho de alto curso e em (B) um trecho de baixo curso, ambos em uma situação "ótima", referente ao parâmetro "escoamento do canal".



Figura 8 - Situações encontradas no PEIT, ambas em período chuvoso. Em (A) um trecho de alto curso e em (B) um trecho de baixo curso, ambos em uma situação "ótima", referente ao parâmetro "escoamento do canal".

Parâmetro 7: Condições do canal

Qualquer ação que provoque uma mudança no curso natural da água pode acarretar prejuízos para as comunidades fluviais. Hannaford et al. (4), afirmam que a biota aquática, na maioria das vezes, possui requerimentos específicos de habitats, podendo ser sensíveis a pequenas alterações na vazão ou ainda a um pequeno aumento na carga sedimentar causado por alterações antropogênicas.

As mudanças antropogênicas no canal podem ser evidenciadas pela presença de diques, aterros, terraplanagens, barragens, enrocamentos ou outras formas de estabilização artificial das margens. A retificação de rios, as canalizações ou impermeabilizações causadas pelas obras de engenharia têm como consequência direta à redução da área de drenagem das bacias hidrográficas, o que ocasiona uma redução

drástica na densidade e diversidade de espécies aquáticas. Em áreas onde predominam atividades agrícolas ou onde o crescimento populacional é mal planejado, a integridade ambiental também é prejudicada (40). De acordo com Callisto & Moreno (41), o lançamento de efluentes domésticos e industriais, e flutuações do nível de água em épocas de chuva levam a sérios problemas de erosão, o que pode provocar o carreamento de sedimentos e consequente assoreamento de cursos d'água. O resultado de todas as interferências antrópicas nos cursos d'água são, de acordo com Bernhardt et al. (42), a elevação da temperatura da água, a retirada da vegetação ripária, redução do canal e a desestruturação dos habitats para a biota aquática. Além disso, os autores afirmam que todas essas mudanças reduzem as interações entre os rios e sua bacia hidrográfica. A figura 9 mostra duas diferentes alterações em dois trechos de rios.



Figura 9 - Diferentes alterações no canal de dois trechos de rios. Em (A) observa-se uma situação encontrada no PEIT onde nota-se a presença de manilha para vazão sob a estrada. Em (B) observa-se a retificação de um curso d'água na zona urbana de Ouro Preto - MG, onde nota-se a presença de gabiões nas laterais das margens (indicados pelas setas).

Parâmetro 8: Sinuosidade do canal

O parâmetro “sinuosidade do canal”, avaliado apenas em rios de baixo curso, mede os meandros e a ocorrência de curvas ao longo dos cursos d'água. Segundo Barbour et al. (6), um alto grau de sinuosidade fornece habitats e fauna variada e o curso d'água melhora sua capacidade de controlar o movimento das ondas quando a corrente flutua durante as fortes chuvas, consistindo num importante parâmetro na avaliação do meio físico (Figura 10A). A absorção de energia pelas curvas protege o curso d'água de excessivas erosões e enchentes, e fornece refúgio para a biota durante os eventos de tempestade (43). Duas diferentes situações, referentes a esse parâmetro, podem ser observadas na figura 10.

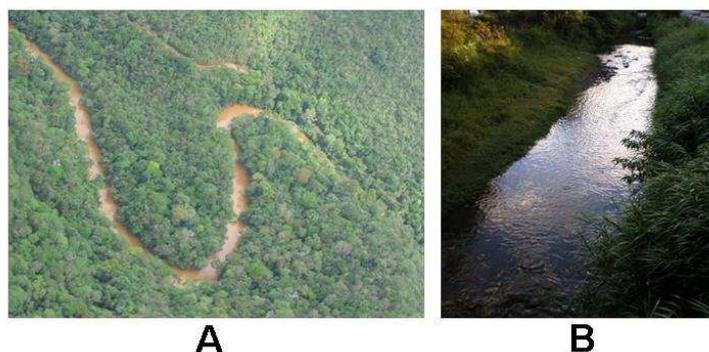


Figura 10 - Diferentes condições referentes ao parâmetro “sinuosidade do canal”, em trechos de baixo curso. Em (A) observa-se um trecho de rio sinuoso no PEIT e em (B) é observado um trecho na zona urbana de Ouro Preto - MG, o qual foi retificado pela ação antrópica.

Parâmetro 9: Estabilidade das margens

O parâmetro “estabilidade das margens” é um atributo avaliado separadamente nas margens esquerda e direita e mede a erodibilidade das margens (ou o potencial à erosão) (6). Margens mais íngremes são mais susceptíveis à queda e erosão (44). De acordo com Barrella et al. (45), esse parâmetro está relacionado à presença de vegetação nas margens. A retirada da vegetação proporciona condições favoráveis ao assoreamento causado pela erosão do solo adjacente aumentando também as concentrações de sólidos em suspensão no corpo receptor.

Para Minatti-Ferreira & Beaumord (44), o desmatamento nas cabeceiras, contribui para o aumento e aceleração de processos erosivos. A retirada da vegetação associada à declividade do terreno exerce influência na infiltração da água da chuva e na velocidade do escoamento superficial. Conseqüentemente provoca um aumento na carga sedimentar recebida pelo corpo d’água, o que reduz a disponibilidade de habitats para a biota aquática. Sinais de erosão podem incluir margens desnudas ou sem vegetação, desmoronamentos, raízes e solos expostos. A figura a seguir mostra duas diferentes situações encontradas no interior do PEIT.



Figura 11 - Diferentes situações ambientais relativas à “estabilidade das margens” encontradas no PEIT. Em (A), observa-se um trecho de alto curso, onde ambas as margens encontram-se estáveis, não sendo observado processo erosivo ou potencial para problemas futuro (condição considerada “ótima”). Em (B), observa-se um trecho de baixo curso onde a margem direita apresenta processo de erosão ativa.

Parâmetro 10: Proteção das margens pela vegetação

O parâmetro “proteção das margens pela vegetação” estima a quantidade de vegetação disponível ao longo das margens (Figura 12). Segundo Lima (46), o desmatamento favorece a perda da zona tampão entre os sistemas aquático e terrestre adjacentes. De acordo com Ferraz (47), a zona ripária tem importante papel na proteção das nascentes e cursos d’água formadores de rios. Margens com crescimento abundante de vegetação natural ofertam melhores condições

à biota que aquelas desprovidas de vegetação ou escoradas com concreto ou enrocamentos (3).

De acordo com Barbour & Stribling (10), os resultados da avaliação desse parâmetro fornecem informações importantes sobre a capacidade da margem em resistir aos processos erosivos, podendo ainda revelar informações sobre a tomada de nutrientes pelas plantas, o controle de correntezza de montante e sobre o sombreamento.



Figura 12 - Condições encontradas no PEIT, em trechos de alto curso (A) e baixo curso (B), ambas consideradas “ótimas”, com relação ao parâmetro “proteção das margens pela vegetação”. Observa-se nos trechos, margens com mais de 90% de suas superfícies cobertas por vegetação preservada. Não são observadas descontinuidades da vegetação nem áreas de cultivo ou pastagens no entorno do trecho avaliado.

Parâmetro 11: Vegetação do entorno

As matas ocorrentes ao longo dos cursos d’água e no entorno das nascentes, como amplamente discutido na literatura, têm características vegetacionais definidas por uma complexa interação entre os fatores dependentes das condições ambientais locais. Segundo Rodrigues & Shepherd (48), o ambiente do entorno de um sistema lótico reflete as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidrográficas que atuam como elementos definidores da paisagem e, portanto das condições ecológicas locais (Figura 13).

Autores como Steinblums et al. (49), Platts et al. (50), Elmore & Beschta (51), Magette et al. (52), Gregory et al. (53) e Bren (54) têm demonstrado que a vegetação do

entorno, também chamada de zona ripária, possui importantes funções hidrológicas. Tem sido demonstrado, por exemplo, que a recuperação da vegetação do entorno contribui significativamente para o aumento da capacidade de armazenamento da água nas microbacias ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano (51). A vegetação do entorno, isolando estrategicamente o curso d’água dos terrenos mais elevados das microbacias, desempenha uma ação eficaz de filtragem superficial de sedimentos (52) e, dessa forma, atua diretamente na ciclagem de nutrientes (55). Além disso, estabelece uma interação direta com o ecossistema aquático, principalmente por apresentar aspectos relacionados aos processos geomórficos e hidráulicos do canal.



Figura 13 - Condições relativas ao “estado de conservação da vegetação do entorno” de trechos de rios de baixo curso encontrados no PEIT. Em (A) observa-se a presença de uma vegetação composta não apenas por espécies nativas, mas também por espécies exóticas (Eucaliptos, indicados pela seta), contudo, em um bom estado de conservação. Em (B) a vegetação nativa do entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais devido à ação antrópica (condição “péssima”).

COMO AVALIAR OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO HABITAT

Conforme discutido por Minatti-Ferreira & Beaumord (44), o grande obstáculo para uma avaliação mais realista das condições da integridade biótica de ecossistemas aquáticos é justamente a ausência de índices adequados para avaliação de condições biológicas e físicas de habitats. Segundo os autores, o estabelecimento de indicadores de qualidade ambiental, mais especificamente aqueles relativos aos aspectos físicos, já que estes afetam diretamente a biota aquática, contribuiria em muito para complementar o elenco de ferramentas que poderiam ser utilizadas na definição da qualidade ambiental do ecossistema.

Nesse caso, um instrumento capaz de perceber pequenas alterações nos atributos físicos dos habitats seriam os protocolos de avaliação rápida de rios (PARs), ferramentas que apresentam justamente a característica de agregar indicadores de qualidade ambiental referentes aos aspectos físicos do habitat, e que podem ser usados como um instrumento de avaliação dos mesmos. Por definição, os PARs são documentos de referência que reúnem procedimentos metodológicos aplicáveis à avaliação rápida, qualitativa e semi-quantitativa, de um conjunto de variáveis representativas dos principais componentes e fatores que condicionam e controlam os processos e funções ecológicas dos sistemas fluviais e criam diferentes escalas de condições ambientais para a biota (56).

Nos PARs é estabelecido, em princípio, um limite considerado normal baseado em valores obtidos de locais minimamente perturbados. Esses locais são tomados como “referência” (17) partindo da premissa de que os cursos d’água pouco afetados pela ação humana exibem condições biológicas mais favoráveis (44). O gradiente de estresse ambiental é definido a partir da observação desses locais e de locais com vários graus de alterações, desde os pouco alterados até os muito degradados.

Segundo Resh & Jackson (57), os PARs são análogos aos termômetros utilizados na avaliação da temperatura humana, nos quais os valores 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 bom estado de conservação, enquanto, notas menores indicam que existe um estado de degradação severa. Para exemplificar o uso dessa pontuação destaca-se o estudo recente desenvolvido por Rodrigues et al. (58) no município de Ouro Preto - MG. Nesse estudo, para cada um dos parâmetros analisados foram atribuídos valores correspondentes à situação verificada no local da avaliação, variando de uma situação “ótima” (notas 16 a 20), até uma situação “ruim” (notas 0 a 5), passando por situações intermediárias – “boa” e “regular” – com notas 11 a 15 e 6 a 10, respectivamente. Após a análise das respostas obtidas em diferentes trechos localizados na área de estudo foi possível verificar que o PAR proposto foi capaz de detectar pequenas alterações nos aspectos físicos do habitat.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, o interesse recente pelas questões ambientais teve reflexo na legislação específica desenvolvida nos últimos anos, impulsionado pela criação da Lei das Águas (Lei n. 9.433/97) (59) que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesse sentido, sendo um dos principais instrumentos da legislação dos recursos hídricos, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA 357/2005) (60) tem como um dos seus preceitos “considerar que a saúde e o bem-estar humano, bem como, o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas”.

No entanto, a Resolução do CONAMA falha em não estipular padrões para avaliar a qualidade física dos rios e não prevê os efeitos simultâneos de dois ou mais parâmetros sobre a biodiversidade aquática, exigindo apenas medições físico-químicas e bacteriológicas que, em teoria, indicam indiretamente a possibilidade de manutenção da vida aquática.

O Brasil, de acordo com Buss (61), foi o primeiro signatário da Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (62) e transformou o documento na íntegra em Lei pelo Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998, assumindo, portanto, obrigações legais para desenvolver estratégias nacionais e planos de ação para conservação e uso sustentável da diversidade biológica em áreas de sua jurisdição.

Nesse sentido, os procedimentos de avaliação rápida dos rios, envolvendo os aspectos físicos do habitat, têm também como objetivo a redução de custos na avaliação ambiental, sem, no entanto, excluir a realização de estudos de maior rigor técnico-científico. Os PAR's, por exemplo, podem ser aplicados em pesquisas que exigem a obtenção de resultados rápidos, tais como em decisões de gerenciamento, que facilitam a transferência de conhecimento tanto para os gerenciadores quanto para a comunidade local. Além disso, podem ser aplicados por pessoas não especialistas no assunto (previamente treinadas) e ainda fornecem

dados de vários locais para pesquisas de campo, podendo ser utilizado no monitoramento dos recursos hídricos (3).

Detentor da maior biodiversidade mundial, o Brasil precisa instituir na prática instrumentos eficientes de monitoramento ligados à conservação da vida aquática. Os efeitos da poluição das águas é um problema primeiramente biológico, pois, mesmo com baixo poder de contaminação apresentam reflexos imediatos sobre os organismos aquáticos (63). As análises tradicionalmente utilizadas – métodos de análise físico-químicos e bacteriológicos, como estabelecidos pela Resolução do CONAMA – representam apenas o instante exato em que foram coletados, não correspondendo à real situação dos organismos aquáticos.

Assim, a integração da avaliação dos parâmetros físicos do habitat com a dos tradicionalmente utilizados, consiste em um método mais adequado de avaliação da qualidade da água dos rios em consórcio com a conservação da biota aquática (56). O uso dos PARs, conforme proposto por Rodrigues (3), podem contribuir muito com a conservação dos recursos fluviais das UCs. A combinação de atributos de caráter físico do habitat com parâmetros biológicos permite realizar um monitoramento integrado do ecossistema aquático, no qual menor tempo de trabalho de campo é despendido, a liberação de resultados é mais rápida e o custo financeiro exigido para as análises é reduzido (56).

O uso indiscriminado dos recursos naturais pelo homem com conseqüente alteração da paisagem, dos processos ecológicos e do regime fluvial, alteram significativamente a disponibilidade de habitat e composição trófica no ambiente aquático. Na medida em que métodos de avaliação capazes de perceber pequenas mudanças são utilizados, a conservação e o gerenciamento dos recursos hídricos tornam-se mais fáceis e mais eficientes em longo prazo. A verificação precoce de pequenas mudanças possibilita impedir a expansão das mesmas a todo ecossistema permitindo que medidas mitigadoras sejam desenvolvidas.

Guilherme Malafaia

Endereço para correspondência: Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás.
Av. Pedro Ludovico, s/n
Reno Cury
75131-500 - Anápolis, GO - Brasil
e-mail: guilherme@nupeb.ufop.br

Recebido em 22/06/2009

Revisado em 25/09/2009

Aceito em 17/12/2009

REFERÊNCIAS

- (1) BUSS, D. F. Proteção à vida aquática, participação das comunidades e políticas de recursos hídricos. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 71-84, 1990.
- (2) CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 61, n. 2, p. 259-266, maio 2001.
- (3) RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres**. Xxx f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Programa de Pós Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.
- (4) 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.**, Illinois, v. 16, n. 4, p. 853-860, dec. 1997.
- (5) KARR, J.; CHU, E. W. **Restoring life in running waters: better biological monitoring**. Washington: Inland Press, 1999.
- (6) BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; et al. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**. Washington: EPA, 1999.
- (7) SOUTHWOOD, T. R. E. Habitat, the templet for ecological strategies? **Journal of Animal Ecology**, v. 46, p. 337-365, jan.1977.
- (8) PRICE, P. W. **Insect ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1975.
- (9) COOPER, J. E. Vanishing species: the dilemma of resources without price tags. In: NORDEN, A. W.; FORESTER, D. C.; FENWICK, G. H. (eds.). **Threatened and endangered plants and animals of Maryland**. Annapolis: Department of Natural Resources, 1984.
- (10) BARBOUR, M. T.; STRIBLING, J. B. Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities. In George Gibson, editor. **Biological criteria: Research and regulation, proceedings of a symposium, 12-13 December 1990, Arlington, Virginia**. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA-440-5-91-005.
- (11) INSTITUTO ESTUDUAL DE FLORESTAS (IEF). Parques Estaduais: Parque Estadual do Itacolomi. Disponível em: <www.ief.mg.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2008.
- (12) HAWKINS, C. P.; et al. A hierarchical approach to classifying stream habitat features. **Fisheries**, v. 18, p. 3-12, jun. 1993.
- (13) MEADER, M. R.; HUPP, C. R.; CUFFNEY, T. F.; et al. Methods for characterizing stream habitat as part of the national water-quality assessment program. **U.S. Geological Survey**, North Carolina, p. 93-408, jul. 1993.
- (14) KLEMM, D. J.; LAZORCHAK, J. M. **Environmental monitoring and assessment program: surface waters and region 3 regional environmental monitoring and**

assessment program. 1994. Pilot field operation and methods manual for streams. Environmental Monitoring Systems Lab. Office of Research and Development. Ohio: EPA/620/R-94/004, 1994.

(15) BALL, J. **Stream Classification Guidelines for Wisconsin**. Madison: Wisconsin Department of Natural Resources Technical Bulletin, 1982.

(16) 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.

(17) PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; et al. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish**. Washington: EPA 440-4-89-001, 1989.

(18) RANKIN, E. T. Habitat indices in water resource quality assessments. In: DAVIS, W. S.; SIMON, T. P. (eds.). **Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making**. Florida: Lewis Publishers Boca Raton, 1995.

(19) LANDESUMWELTAMT (LUA). Merkblätter nr.14. Germany, Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen Kartieranleitung (GNWK). In: FERREIRA, L. M.; CASTRO, P. T. A. Ecomorphological analysis of fluvial habitats of the upstream part of Rio das Velhas/MG, Brazil. **Sociedade & Natureza**, Special Issue, p. 327-336, 2005.

(20) PARSONS, M.; THOMS, M.; NORRIS, R. **Australian river assessment system: AusRivAS Physical Assessment Protocol**. Canberra: Commonwealth of Australia and University of Canberra, 2002.

(21) BERKMAN, H. E.; RABENI, C. F. Effect of siltation on stream fish communities. **Env. Biol. Fish.**, v. 18, n. 4, p. 285-294, apr. 1987.

(22) ALLAN, J. D. **Stream ecology: structure and function of running waters**. New York, Chapman & Hall, 1995.

(23) CUMMINS, K. W. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. **Am. Midl. Nat.**, v. 67, p. 477-504, 1962.

(24) HYNES, H. B. N. **The ecology of running waters**. Toronto: University of Toronto Press, 1970.

(25) MINSHALL, G. W. Aquatic insect-substratum relationships. In: RESH, V. H.; ROSENBERG, D. M. (eds.). **The ecology of aquatic insects**. New York: Praeger Scientific, 1984.

(26) BESCHTA, R. L.; PLATTS, W. S. Morphological features of small streams: Significance and function. **Water Resources Bulletin**, v. 22, p. 369-379, 1986.

(27) GORE, J.; SHIELDS, F. D. Can large rivers be restored? **BioScience**, v. 45, p. 142-152, 1995.

(28) KLAMT, R. R. The effects of coarse granitic sand on the distribution and abundance of salmonids in the central Idaho Batholith, M.S. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANAS, BIODIVERSIDADE E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE ALIMENTOS E FIBRAS NOS CERRADOS, 1, 1976, Brasília. **Anais...** Brasília, 1976.

(29) KELLEY, D. W.; DETTMAN, D. H. **Relationships between streamflow, rearing habitat, substrate conditions, and juvenile steelhead populations in Lagunitas Creek**. Marine County: Unpublished Report Marine County Water District, 1980.

(30) PLATTS, W. S.; MEGAHAN, W. F.; MINSHALL, W. G. **Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions**. Ogden: General Technical Report INT-138, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 1983.

(31) FITZPATRICK, F. A.; et al. **Revised methods for characterizing stream habitat in the national water-quality assessment program: water-resources investigations report**. Raleigh: U.S. Geological Survey, 1998.

(32) MACDONALD, L. H.; SMART, A. W.; WISSMAR, R. C. **Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska**. Washington: EPA, 1991.

(33) SYLTE, T.; FISCHENICH, C. **Techniques for measuring substrate embeddedness**: EMRRP technical notes

collection. Vicksburg: U.S. Army Engineer Research and Development Center, 2002.

(34) ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

(35) WARD, J. V. Aquatic insect ecology. In: **BIOLOGY and habitat**. New York: John Wiley & Sons., 1992.

(36) CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Composição granulométrica do sedimento de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). **Acta Limnol. Bras.**, Botucatu, v. 8, p. 115-126, 1996.

(37) GONÇALVES JUNIOR, J. F.; CALLISTO, M.; FONSECA, J. J. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). In: ESTEVES, F. (org.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé, RJ**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998.

(38) FRANÇA, J.; MORENO, P.; CALLISTO, M. Importância da composição granulométrica para a comunidade bentônica e sua relação com o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio das Velhas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 7, 2006, Porto Alegre **Anais...** Porto Alegre, 2006.

(39) HICKS, B. J.; BESCHTA, R. L.; HARR, R. D. Long-term changes in streamflow following logging in western Oregon and associated fisheries implications. **Water Resources Bulletin**, v. 27, n. 2, p. 217-226, 1991.

(40) PALMER, M. A.; et al. Standards for ecologically successful river restoration. **J. Appl. Ecol.**, 2005, v. 42, p. 208-217.

(41) CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. In: SIMPÓSIO SUL DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, 2, 2006, Erechim. **Anais...** Erechim, 2006.

(42) BERNHARDT, E. S.; et al. Synthesizing U.S. River restoration efforts. **Science**, v. 308, p. 636-637, 2005.

(43) GORDON, N. D.; MCMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L. **Stream hydrology: an introduction for ecologists**. England: John Wiley and Sons Inc., 1992.

(44) 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.

(45) BARRELLA, W.; et al. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2001.

(46) LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R. LEITÃO-FILHO, H. F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2004.

(47) FERRAZ, D. K. O papel da vegetação na margem de ecossistemas aquáticos. In: PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. (eds.). **Biologia da conservação**. Paraná: Editora Vida, 2001.

(48) RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp, 2004.

(49) STEINBLUMS, I. J.; FROELICH, H. A.; LYONS, J. K. Designing Stable Buffer Strips for Stream Protection. **Journal of Forestry**, v. 82, n. 1, p. 49-52, 1984.

(50) PLATTS, W. S.; et al. **Methods for evaluating riparian habitats with applications to management**. Gen: USDA Forest Service, Report, 1987.

(51) ELMORE, W.; BESCHTA, R. L. Riparian Forest Communities and their Role in Nutrient Conservation in an Agricultural Watershed. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 2, n. 3, p. 114-121, 1987.

(52) MAGETTE, W. L.; BRINSFIELD, R. B.; PALMER, R. E.; et al. Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. **Transactions of the ASAE**, v. 32, n. 2, p. 663-667, 1989.

(53) GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; et al. An ecosystem

perspective of riparian zones. **BioScience**, v. 41, n. 8, p. 540-51, 1992.

(54) BREN, L. J. Riparian zone, stream and floodplain issues: a review. **Journal of Hidrology**, v. 150, p. 277-299, 1993.

(55) LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo, 1989. **Anais...** São Paulo, 1989.

(56) RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, p. 161-170, 2008.

(57) RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. H.; RESH, V. H. (eds.) **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993.

(58) RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. **Revista de Estudos Ambientais**, , v. 10, n. 1, p. 74-83, 2008.

(59) BRASIL. Lei Federal nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Senado Federal, 1997.

(60) CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.

(61) BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

(62) UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM (UNEP). **Convention on Biological Diversity**: text and annexes. Genebra: UNEP, 1994.

(63) ROSENBERG, D. M.; RESH, V. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chappman & Hall, 1993.