

HISTÓRICO E PERSPECTIVAS DA UTILIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS NO MONITORAMENTO BIOLÓGICO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS NO BRASIL

TATIANA N. DOCILE^{1*} & RONALDO FIGUEIRÓ^{2,3}

¹Laboratório de Entomologia, Departamento de Zoologia, CCS, UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Caixa Postal 68044, CEP 21944-970, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

²Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ, Brasil

ABSTRACT

Biomonitoring can be defined as the systematic use of the biological response of organisms to evaluate the environmental changes, generally anthropogenic. The urbanization has translated in growing anthropogenic impacts in ecosystems, which can be evaluated through the evaluation of its respective biological communities. In the present article, a brief history of biomonitoring, both as a concept and as a tool applied to integrated management. The main indices are presented and discussed, aiming to establish the current picture of the use of this tool in Brazil and in the rest of the world.

Keywords: Biomonitoring, macroinvertebrates, lotic systems

INTRODUÇÃO

No documento da Organização das Nações Unidas (ONU), Agenda 21 (CNUMAD, 1992:333), “a utilização da água deve ter como prioridades a satisfação das necessidades básicas e a preservação dos ecossistemas.”, é sugerida a aplicação de critérios integrados no uso e manejo dos recursos hídricos com o intuito de proteger a qualidade da água.

Desde a década de 1970, muitos pesquisadores da Europa Ocidental e da América do Norte (Armitage, 1995; Cairns Jr. & Pratt, 1993; Pratt & Coler, 1976) que atuavam nessa área questionavam as metodologias tradicionais de classificação de águas, baseadas em características físicas, químicas e bacteriológicas. Segundo estes autores, tais metodologias não seriam suficientes para atender aos usos múltiplos da água, sendo particularmente de-

ficientes na avaliação da qualidade ecológica do ambiente, a qual só poderia ser eficiente com uma análise integrada da qualidade da água, ou seja, considerando não apenas as medições tradicionais de avaliação, mas os aspectos biológicos do sistema (Barbosa, 1994; Metcalfe, 1989; Rosenberg & Resh, 1993).

As crescentes atividades antrópicas nos últimos anos têm interferido e afetado expressivamente os ecossistemas aquáticos, como córregos, lagos, rios e reservatórios (McAllister et al., 1997).

Os problemas mais graves são vistos em locais com altas densidades populacionais, especialmente em áreas urbanizadas, onde os cursos d’água recebem aporte de esgotos domésticos e industriais in natura, além de sedimentos e lixo, resultando na modificação da sua estrutura física, química e biológica (Silva, 2007). Os diversos impactos antrópicos in-

cluem assoreamento, introdução de espécies exóticas, eutrofização artificial, a homogeneização da calha do rio, construção de barragens (Goulart e Callisto, 2003; Hall et al, 2006).

Observa-se uma alteração do ambiente abiótico devido aos múltiplos impactos sofridos e, conseqüentemente, há diminuição na qualidade da água, perda de biodiversidade aquática e alteração nas dinâmicas das comunidades biológicas. (Schepp & Cummins, 1997; Goulart e Callisto 2003).

O crescente processo de urbanização contribuiu para a destruição dos recursos naturais, principalmente a retirada de matas ciliares (Martins, 2001). Estudos verificaram que em locais mais preservados, que não apresentam a desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas é expressiva a melhor qualidade da água e maior a biodiversidade da fauna bentônica (Silsbee & Larson, 1983; Goulart & Callisto, 2003).

O rápido crescimento populacional e a industrialização coloca os ecossistemas aquáticos sob crescente pressão, especialmente nos países em desenvolvimento (Thorne e Williams, 1997; Souza e Tundisi, 2003).

Diferentes organismos são utilizados em avaliações de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, dentre eles macroinvertebrados, especialmente insetos, por serem estes organismos viáveis para estudos laboratoriais, possuírem características ecológicas conhecidas, apresentarem ciclos de vida relativamente curtos, podendo responder mais rapidamente às modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e apresentarem elevada diversidade, o que significa uma maior variabilidade de respostas frente a diferentes tipos de impacto ambiental (Reece & Richardson, 1999; Callisto et al., 2001, Goulart & Callisto, 2003).

Wood e Armitage (1997), por exemplo, definiram quatro principais formas de impacto que sedimentos finos podem impactar a saúde e diversidade de macroinvertebrados: 1) Alterações na composição do substrato alterando sua adequação para alguns taxa; 2) Aumento da de-

riva devido a deposição de sedimentos e instabilidade de substratos; 3) Impacto na respiração devido à deposição de silte nas estruturas respiratórias ou baixas concentrações de oxigênio associadas com os depósitos de silte; 4) Filtração afetada pelo aumento na concentração de sedimento em suspensão na coluna d'água, reduzindo o valor alimentar do perifíton, matando a flora aquática e reduzindo a densidade de presas. Insetos constituem o grupo taxonômico mais abundante e diverso dentre os animais. Estes organismos são dependentes total ou parcialmente do ambiente aquático durante seu desenvolvimento, desta forma constituindo uma grande parcela dos macroinvertebrados.

Várias espécies de insetos aquáticos desempenham papel de organismos bioindicadores, sendo sensíveis a vários parâmetros ambientais, o que tem aumentado o interesse em seu estudo (Buss et al., 2003; Crisci-Bispo et al., 2007).

A biota aquática é o objetivo fundamental das avaliações de diversidade biológica (Barbour et al, 1999). Em geral, avaliações biológicas baseiam-se na comparação de atributos (composição, função, estrutura e riqueza / diversidade) do comunidades biológicas encontradas em rios saudáveis, também conhecido como referência ou minimamente diminuída em rios alterados (Chessman et al. de 2006).

As ferramentas mais utilizadas para o monitoramento biológico são programas de índices de integridade biótica (ou índices multimétrico) e modelos preditivos. Os grupos mais frequentemente utilizados são macroinvertebrados, peixes e algas (Griffith et al. De 2005). A lógica por trás dos índices é a utilização de muitos rios de referência como um padrão, a fim de comparar o seu estado ecológico. Quando a diferença entre as comunidades de referência e as comunidades sendo avaliadas é elevada, a condição ambiental dos sítios é considerada alterada.

O objetivo desta revisão é fornecer informações gerais sobre os estudos acerca do uso de macroinvertebrados como ferramentas no monitoramento biológico visando avaliar o estado ecológico da água, em particular em ecossistemas aquáticos continentais do Brasil.

CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Como os rios estão sujeitos a inúmeras perturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos. A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos (Cairns Jr. et al., 1993). A integridade biótica de um rio representa a capacidade de manter uma comunidade com riqueza e diversidade de espécies comparável às de ecossistemas não perturbados por atividades humanas (Karr & Dudley 1981). Os organismos bioindicadores considerados são escolhidos pela sua sensibilidade ou tolerância à presença dos fatores de estresse (Bonada et al., 2006). Sua abundância e comportamento refletem os efeitos do estressor sobre a biota (Barbour et al., 1996; Buss et al, 2008).

O termo “resposta biológica” se refere ao conjunto de reações de um indivíduo ou uma comunidade em relação a um estímulo ou a um conjunto de estímulos (Armitage, 1995). Por estímulos entendemos algo que induza uma reação do indivíduo que possa ser percebida e medida na população ou na comunidade. Segundo Metcalfe (1989), o uso das respostas biológicas como indicadores de degradação ambiental é vantajoso em relação às medidas físicas e químicas da água, pois estas registram apenas o momento em que foram coletadas, como uma fotografia do rio, necessitando assim de um grande número de análises para a realização de um monitoramento temporal eficiente. Outra vantagem das medidas biológicas sobre as químicas é que, se as últimas forem feitas longe da fonte poluente, estas não serão capazes de detectar perturbações sutis sobre o ecossistema (Pratt & Coler, 1976). Por sua vez, os organismos integram as condições ambientais durante toda a sua vida, permitindo que a avaliação biológica seja utilizada com bastante eficiência na detecção tanto de ondas tóxicas intermitentes agudas quanto de lançamentos crônicos contínuos (Pauw & Vanhooren, 1983). As metodo-

gias biológicas ainda se mostram bastante eficazes na avaliação de poluição não pontual (difusa), tendo, portanto, grande valor para avaliações em escala regional (Pratt & Coler, 1976).

O Biomonitoramento pode ser definido como o uso sistemático de resposta de organismos vivos para avaliar mudanças no meio ambiente, geralmente causadas por ações antrópicas (Rosenberg e Resh, 1993; Buss et al, 2003).

Desta forma, medidas utilizadas para o biomonitoramento podem ser selecionadas de qualquer nível de organização biológica, embora historicamente os métodos tenham se concentrado em níveis mais elevados de organização, como populações, comunidades e ecossistemas (Bascombe et al. 1990).

Invertebrados bentônicos são os mais testados e utilizados (Barbour et al., 1999; Kerans & Karr, 1994; Rosenberg & Resh, 1993). Espécies de macroinvertebrados apresentam uma ampla variação na resposta a poluentes, e como tal, tem sido vastamente monitorados em sistemas lóticos para assim ser avaliada a qualidade da água, complementando estudos físico-químicos (Hawkes, 1979; Shutes, 1985). Segundo Plafkin et al. (1989), essas comunidades têm sido amplamente utilizadas por serem ubíquos, podendo responder a perturbações em todos os ambientes aquáticos e em todos os períodos; o grande número de espécies oferece um amplo espectro de respostas; mesmo em rios de pequenas dimensões, a fauna pode ser extremamente rica; a natureza relativamente sedentária de várias espécies permite uma análise espacial eficiente dos efeitos das perturbações; apresenta metodologias de coleta simples e de baixo custo, que não afetam adversamente o ambiente; e são relativamente fáceis de identificar segundo as metodologias existentes.

Assim, amostras sazonais da comunidade de macroinvertebrados podem indicar os efeitos de poluentes os quais não podem ser detectados seja por amostragens físico-químicas intermitentes ou monitoramento contínuo de uma gama restrita de parâmetros (Bascombe et al. 1990). Os impactos de resíduos urbanos usualmente são mensurados em termos de critérios hidráu-

licos e hidroquímicos, de forma que a dimensão ecológica do impacto ambiental é constantemente negligenciada (Grujet & Krejci, 1987).

O uso das respostas dos organismos é a base dos índices biológicos. Estas respostas foram sumarizadas por Gray (1989) em três categorias, as quais incluem a redução na diversidade, perda de dominância para espécies oportunistas e redução no tamanho da espécie dominante.

Logo, índices podem ser criados especificamente para detectar derramamento de óleo, poluição orgânica, alteração de pH da água, lançamento de pesticidas, entre outros.

BREVE HISTÓRICO DO BIOMONITORAMENTO

No começo do século XX, surgem trabalhos científicos sobre a identificação de fatores biológicos realizados pelos autores Kolkwitz & Marsson (1909). Esses pesquisadores estudaram bactérias, fungos e protozoários e desenvolveram a idéia de saprobidade (o nível de poluição) em rios, como uma medida da extensão da contaminação por esgoto e o seu efeito na biota encontrada nesses habitats (Buss et al, 2003). Posteriormente, diversos grupos passaram a ser estudados para sua utilização em programas de monitoramento: macrófitas aquáticas (Best, 1990 e Pompêo, 2008), peixes (Karr, 1981, Glasgow et al., 2004 e Jamarillo-Villa & Caramaschi, 2008), algas bentônicas (Lavoie et al. 2004), macroinvertebrados (Slooff, 1983; Kerans & Karr, 1994), fitoplâncton e zooplâncton (Ferdour & Muktedir 2009).

Atualmente, os governos têm aplicado os protocolos de avaliação rápida nos monitoramentos desses grupos, principalmente nos EUA (Barbour, 1999). No fim da década de 1960, criam-se os diferentes índices bióticos para a avaliação da qualidade da água, tendo os países europeus como pioneiros nesse sistema (Buss et al. 2003). Esses índices eram baseados na atribuição de um “valor” a cada espécie de macroinvertebrado bentônico de acordo com a sua tolerância a níveis de impacto distintos (Metcalf, 1989).

Em 1976, foi criado na Grã-Bretanha um grupo de trabalho para discutir e sintetizar o conhecimento sobre estes índices, originando o Biological Monitoring Working Party score system (BMWP). O sistema de atribuição de “scores” para as espécies realizados pelo BMWP foi aperfeiçoado através da utilização do índice Average Score Per Taxon (ASPT) (Balloch et al., 1976), tornando o BMWP mais eficiente (Armitage et al., 1983; Hawkes, 1997; Walley & Fontama, 1998; Walley & Hawkes, 1997).

Outro índice biótico usado é o Index Biotic Extended (IBE), que utiliza gêneros e famílias para determinação de unidades taxonômicas operacionais. Esses índices, mesmo sofrendo críticas, são aplicados no biomonitoramento aquático, sendo adotados por alguns países europeus (Baptista 2009), como Itália e Inglaterra (Wright 1995, Walley & Hawkes 1996), e também no Brasil – Minas Gerais (Junqueira et.al. 2000) e Rio de Janeiro (Mugnai et.al. 2008).

No fim da década de 1980, Inglaterra e Austrália investiram na construção de modelos preditivos, gerando o RIVPACS (River Invertebrate Prediction And Classification System) e o AusRivAS (Australian Rivers Assessment System), baseados inicialmente nos valores do BMWP (Buss et al 2003). Esses índices comparam as comunidades esperadas com as observadas, sendo possível a medição do grau de impacto da localidade (Moss et al., 1987).

Atualmente o RIVPACS III é o mais moderno e principal instrumento de bioavaliação utilizado pelas autoridades do Reino Unido e da Austrália em seus programas nacionais de avaliação da qualidade da água em mais de oito mil trechos de rios (Walley & Hawkes, 1996; Wright 2000). Em outros países, foram criados modelos preditivos baseados no RIVPACS e também outros tipos de modelos preditivos (e.g. Linke et al 2005; Feio et al 2012), como, por exemplo, a criação do BEAST - modelo preditivo para a avaliação bentônica do sedimento surgido no Canadá (Reynoldson et al. 1997).

APLICAÇÃO NO BRASIL

O Brasil participou da primeira reunião da Sociedade Internacional de Limnologia em 1922 (Esteves, 1988), porém na ocasião não acompanhou as mudanças mundiais de avaliação dos ecossistemas aquáticos. A maioria dos trabalhos realizados então se restringia a áreas isoladas ou represas artificiais, trabalhos com sistemas lóticos foram limitados pela falta de infraestrutura para análise ambiental. Apenas em 1997 foi aprovada a Lei Federal 9.433/97 (Lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos).

Os primeiros estudos com biomonitoramento no Brasil datam do início dos anos 90, quando se observa que macroinvertebrados começam a serem utilizados como bioindicadores da qualidade da água (Barbosa, 1994; Tundisi & Barbosa, 1995). Inicialmente, foram medidos, nesses estudos, os intervalos de tolerância de organismos bentônicos que viviam em rios do Estado de Minas Gerais em diferentes níveis de sabrobidade da água (Junqueira e Campos, 1991). Nos meados da década de 90 foram realizados estudos longos da distribuição de macroinvertebrados em um Lago Amazônico no Pará impactado por rejeitos de bauxita (Callisto e Esteves, 1995, 1996). Na mesma localidade foi observada a distribuição e categorização funcional em ecossistemas lóticos (Callisto e Esteves, 1998).

Já no sudeste do país, demonstraram forte influência do tipo de sedimento na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em três lagoas do Município de Macaé, Rio de Janeiro (Gonçalves Jr. et al. 1998). No ano seguinte, foi feito um estudo das variáveis físicas, químicas e biológicas nos lagos do Parque Estadual do Rio Doce, MG (Marques et al, 1999). Mais tarde, estudos mostraram que macroinvertebrados bentônicos reagem aos diferentes níveis de poluição de formas específicas, podem ser classificados, quanto a essa reação, em organismos tolerantes, intolerantes e organismos resistentes (Goulart & Callisto, 2003; Gonçalves & Aranha, 2004).

Pode-se perceber que a maioria dos trabalhos realizados estão concentrados na região sudeste do país. Alguns exemplos são o estudo

de Ometto et al. (2004) na bacia do Rio Piracicaba, Pompeu et al. (2005) na bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais, Corbi & Trivinho-Strixino (2006) na região canavieira de São Paulo e Baptista et al. (2007) e Buss et al 2002 na região de Mata Atlântica. Em um estudo realizado no sul do Brasil Molozzi et al. (2007) estudou os efeitos sobre os rios de diferentes estratégias de gestão sobre os campos de arroz de Santa Catarina. Em seus dados, a riqueza de espécies foi significativamente menor em áreas onde a mata ciliar foi retirada. Enquanto, Hepp & Santos (2009) avaliaram os diferentes impactos do uso da terra em comunidades bentônicas. Os riachos em áreas de conservação foram comparados com os riachos em áreas urbanizadas e agrícolas, diferenças significativas na densidade e riqueza dos organismos foram encontrados, se assemelhando com o estudo anterior. Esses resultados também foram propostos por Nesimian et al.(2008) no norte do país. No Brasil, Resolução CONAMA 357 de 17 de Março de 2005 afirma que a qualidade dos ambientes aquáticos deve ser avaliada para a condição biológica apropriada, utilizando-se os organismos aquáticos. Esta resolução é um avanço importante, mas ainda não requer o monitoramento biológico dos corpos d'águas brasileiras.

UTILIZAÇÃO DE ÍNDICES ECOLÓGICOS

A criação dos índices ecológicos permitiu adaptações para diferentes regiões em diversos países. Atualmente estão sendo desenvolvidos diferentes índices que facilitem a avaliação da qualidade da água diversas regiões do Brasil, principalmente no sudeste do país (Navas-Pereira e Henrique, 1995). No Brasil, o conceito de saprobidade foi utilizado para a adaptação do índice BMWP na bacia hidrográfica do rio das Velhas no Estado de Minas gerais (Junqueira et al. 1998; Junqueira et al. 2000) e para o Estado de Goiás (Monteiro et al, 2008). Já o IBE foi adaptado no Brasil, no Estado do Rio de Janeiro prevendo a detecção de impactos múltiplos (Mugnai et al. 2008). No Estado do Rio de Janeiro, o órgão FEEMA usou a concepção de

saprobidade para definir o grau de tolerância/sensibilidade (Araújo, 1995) trabalhou com a adaptação do índice IBE. Atualmente, o BMWP tem sido abordado em vários estudos em diferentes regiões do Brasil. (Fabio et al, 2007, Oliveira e Callisto, 2010; Carvalho et al, 2010).

A avaliação da qualidade das águas de microbacias do Rio da Floresta Nacional de São Francisco de Paula no estado do Rio Grande do Sul objetivou verificar se as atividades existentes no entorno da unidade de conservação afetam os cursos de água da região. Foram analisadas tanto as variáveis físicas e químicas quanto a composição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos através do uso do índice EPT (Campello et al, 2005).

Esse índice é usado em muitos trabalhos, principalmente os que utilizam índices multimétricos. É analisada a riqueza e diversidade de três ordens (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) consideradas bioindicadoras. Os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) da qualidade da água (Resh & Jackson, 1993) são metodologias que se usam medidas bioindicadoras. Comparam locais íntegros e locais que serão analisados e estudados (Petersen, 1992; Nessimian et al, 1998). Trata-se de observar as características fisionômicas externas e internas do rio, como cobertura vegetal ou sedimento do córrego, por exemplo. Um estudo indicou a condição ecológica de um rio usando esses protocolos que são de baixo custo e longa duração para manter um monitoramento. O objetivo foi gerar e padronizar um Protocolo utilizando macroinvertebrados como indicadores da qualidade da água de córregos no sudeste do Brasil (Vitorino, 2010). Em escalas menores, foi realizado um estudo que avaliou a abundância de larvas de Chironomidae e quantificou a ocorrência de deformidades no mento dos espécimes coletados em três reservatórios urbanos com diferentes níveis de poluição, localizados em Minas Gerais (Morais et al, 2010).

Os autores Gonçalves e Menezes em 2011, utilizaram uma abordagem de análise comparativa dos índices bióticos que uti-

lizam macroinvertebrados para avaliar a qualidade da água em um rio costeiro do Estado do Paraná, sul do Brasil. Essa metodologia se aproxima de muitos estudos que vem sendo utilizando o denominado índice multimétrico.

No Brasil, até o ano de 2007 reconhecemos algumas iniciativas para teste de medidas biológicas visando a construção de um índice multimétrico com macroinvertebrados, entretanto, tais estudos avaliaram a sensibilidade de algumas métricas frente a diferentes formas de degradação ambiental, porém, não chegaram ao ponto de construção de um índice multimétrico propriamente dito. Com exceção de Silveira et al.(2005) que publicou os resultados em um periódico científico um teste de algumas métricas na bacia do rio Macaé. Dentre esses estudos devemos destacar a dissertação de Buss (2001) cujo o estudo propôs a construção de um índice multimétrico multi-dimensional, porém, considerando a forma clássica de formatação de um índice multimétrico, o estudo não apresentou uma escala ordinal de classificação da qualidade da água. Posteriormente, a partir desses estudos, Baptista et al. (2007), publicaram um índice multimétrico para a região central do Estado do Rio de Janeiro e passaram a denominá-lo de SOMI (Serra dos Órgãos Multimetric Index), porém, a aplicação do índice é operacionalmente limitada devido ao esforço amostral e procedimentos de identificação taxonômica. A CETESB, vem aplicando um índice multimétrico numa extensa rede de biomonitoramento no Estado de São Paulo, principalmente para ser usado em grandes rios (CETESB, 2002). Ano passado, muitos artigos foram publicados no intuito de avaliar a condição ecológica das águas utilizando índices multimétricos. Por exemplo, o estudo no Rio de Janeiro (Baptista, 2011; Oliveira et al, 2011; Suriano et al, 2011), Minas Gerais (Ferreira et al, 2011), ambos estados do sudeste do Brasil. Esse ano, na região norte, foi construído um índice multimétrico de fácil aplicação para a localidade, principalmente em Igarapés da Amazônia Central (Couceiro et al, 2012). No Brasil o modelo preditivo ainda demanda

maiores estudos. Um exemplo desse modelo foi testado para a bacia do rio das Velhas (Moreno, 2008; Moreno et al, 2009). O fato que limita esse estudo é o questionamento do grande esforço inicial para a construção de modelos que utilizam muitas análises multivariadas. A maior tentativa em criar os modelos preditivos se iniciou na integração aos Projetos Ecológicos de Longa Duração (PELDs), iniciado em 2000, contemplando diversos ecossistemas terrestres e aquáticos. Por exemplo, o PELD da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. A pesquisa já possui mais de 10 anos de estudo, possibilitando maior entendimento sobre os efeitos do represamento da água e da regulação do nível d'água pelos reservatórios sobre a estrutura e processos ambientais do rio Paraná, relacionando com a biota existente na região (Oliveira et al, 2001; Luz-Agostinho et al, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do quadro apresentado, ainda se fazem necessárias maiores discussões acerca dos problemas e desafios da aplicação do biomonitoramento da qualidade das águas no Brasil (Mugnai e Gatti, 2008). A grande dificuldade hoje reside no tamanho e diversidade do país, que têm limitado o uso de monitoramento biológico na avaliação da integridade de ecossistemas aquáticos. Os trabalhos ainda são relativamente escassos e geograficamente limitados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, PRP. 1995. Biomonitoramento do Guandu e do Paraíba. Revista FEEMA, Rio de Janeiro, p. 22-25.

ARMITAGE, PD. 1995. Behaviour and ecology of adults. In: *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges* (P. D. Armitage, P. S. Cranston & L. C. V. Pinder, ed.). London: Chapman & Hall, 194-224.

ARMITAGE, PD, MOSS D, WRIGHT JF AND FURSE MT. 1983. The performance of a new biological water quality score based on macroin-

vertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, 17:333-347.

BALLOCH D, DAVIS CE AND JONES FH. 1976. Biological assessment of water quality in three British rivers, the North Esk (Scotland), the Ivel (England) and the Tass (Wales). *Water Pollution Control*, 75:92-100.

BAPTISTA DF, SOUZA RSG, VIEIRA CA, MUGNAI R, SOUZA AS AND OLIVEIRA RBS. 2011. Multimetric index for assessing ecological condition of running waters in the upper reaches of the Piabanha-Paquequer-Preto Basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia* 28 (5): 619-628.

BAPTISTA DF, NESSIMIAN JL AND MUGNAI R. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro, 176 p.

BAPTISTA DF, BUSS DF, EGLER M, GIOVANELLI A, SILVEIRA MP AND NESSIMIAN JL. 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest stream at Rio de Janeiro Estate, Brazil. *Hydrobiologia*, 575: 83-94.

BARBOSA FAR (org.). 1994. Workshop: Brazilian Programme on Conservation and Management of Inland Waters. *Acta Limnologica Brasiliensia* v 5. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/Sociedade Brasileira de Limnologia.

BARBOUR MT, GERRITSEN J, GRIFFITH GE, FRYDENBORG R, McCARRON E, WHITE JS AND BASTIAN ML. 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society* 15(2):185-211.

BARBOUR MT, GERRITSEN J, SNYDER BD AND STRIBLING JB. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and Wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. 2nd Ed. Washington, DC: Environmental Protection Agency.

- BASCOMBE AD, ELLIS JB, REVITT DM AND SHUTES RBE. 1990. Macroinvertebrate biomonitoring and water quality management within urban catchments. *Hydrological Processes and Water Management in Urban Areas* (Proceedings of the Duisberg Symposium, April 1988). IAHS Publ. n. 198.
- BEST EPH, 1990. Models on metabolism of aquatic weeds and their application potential. In: *Aquatic Weeds. The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation* (A. H. Pieterse & K. J. Murphy, ed.). Oxford: Oxford University Press 254-273 p.
- BONADA N, PRAT N, RESH VH AND STATZNER B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review Entomology*, 51: 495-523.
- BRASIL, 1934. Decreto no 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. *Coleção de Leis do Brasil*, 4:679.
- BRASIL, 1986. Resolução CONAMA no 20, de 18 de junho de 1986. *Diário Oficial da União*, 30 jul.
- BRASIL, 1997. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e Dá Outras Providências. *Diário Oficial da União*, 9 jan.
- BUSS DF, VITORINO AS. 2010. Rapid bioassessment protocols using benthic macroinvertebrates in Brazil: evaluation of taxonomic sufficiency. *J N Am Benthol Soc* 29: 562-571.
- BUSS DF, BAPTISTA DF AND NESSIMIAN JL. 2003. Conceptual basis for the application of biomonitoring on stream water quality programs. *Cadernos de Saúde Pública* 19(2): 465-473.
- BUSS DF. 2001. Utilizando macroinvertebrados bentônicos no desenvolvimento de um programa integrado de avaliação da qualidade da água de rios. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia UFRJ – Rio de Janeiro.
- BUSS DF, BAPTISTA DF, NESSIMIAN JL, DORVILLE LF AND SILVEIRA MP. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblage in a river basin in South-Est Brazil. *Hydrobiologia*, 481: 125-136.
- BUSS DF, OLIVEIRA RB AND BAPTISTA DF. 2008. Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. *Oecol. Bras.*, 12 (3): 339-345.
- CAIRNS JrJ AND PRATT JR. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.). New York: Chapman & Hall, p. 10-27.
- CALLISTO M AND ESTEVES FA. 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita, Lago Batata (Pará, Brasil). In: ESTEVES, F.A. (Ed.) *Oecologia Brasiliensis. Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros*. Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1: 281-291.
- CALLISTO M AND ESTEVES FA. 1998. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob a influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). In: Nessimian, J.L. & Carvalho, A.L. *Ecologia de Insetos Aquáticos*. *Oecologia Brasiliensis*, vol. V: 223-234.
- CALLISTO M AND ESTEVES F. 1996. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. *Acta*

- Limnologica Brasiliensia, 8: 115-126.
- CALLISTO M, MORETTI M, GOULART MD. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. *Revta. Brás. Rec Hid.*, 6: 71-82.
- CARVALHO BLABP, STRIEDER MN, MALTCHIK L AND STENERT C. 2010. Are the streams of the Sinos River basin of good water quality? Aquatic macroinvertebrates may answer the question. *Braz. J. Biol.* 70 (4): 1207-1215.
- CETESB. 2002. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: CETESB, 274 p. (Serie Relatórios).
- CHESSMAN BC, THURTELL LA AND ROYAL MJ, 2006. Bioassessment in a harsh environment: a comparison of macroinvertebrate assemblages at reference and assessment sites in na Australian river system. *Environmental Monitoring Assessment* 119 (1-3): 303-330.
- CNUMAD (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), 1992. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21. Brasília: Senado Federal.
- CORBI JJ, TRIVINHO-STRIXINO S, DOS SANTOS A AND DEL GRANDE M. (2006). Environmental diagnostic of metals and organochlorated compounds in streams near sugar cane plantations activity (State of São Paulo, Brazil). *Química Nova*, 29: 61-65.
- COUCEIRO SRM, 2009. Sedimentos antropogênicos em igarapés da Base de Operações Geólogo Pedro Moura, Coari-AM: efeito sobre macroinvertebrados e degradação de folhas. Tese de Doutorado em Ecologia da Universidade de Brasília, Brasília.
- COUCEIRO SRM, HAMADA N, FORSBERG BR AND FERREIRA RLM, 2006. Effects of an spill and discharge of domestic sewage on the insect fauna of Cururu stream, Manaus, AM, Brazil. *Braz. J. Biol.* 66: 35-44.
- COUCEIRO SRM, HAMADA N, FORSBERG BR, PADOVESI-FONSECA C. 2010. Effects of anthropogenic silt on aquatic macroinvertebrates and abiotic variables in streams in the Brazilian Amazon. *J. Soil Sediments* 10: 89-103.
- COUCEIRO SRM, HAMADA N, LUZ SLB, FORSBERG BR AND PIMENTEL TP. 2007. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, 575 (1) 271-284.
- COUCEIRO SRM, HAMADA N, FORSBERG BR, PIMENTEL TP AND LUZ SLB. 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators* 18: 118-125.
- CRISCI-BISPO VL, BISPO PC AND FROELICH CG. 2007. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in two Atlantic Rainforest streams, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(2): 312-318.
- ESTEVES FA. 1988. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência/Financiadora de Estudos e Projetos.
- FAUSCH KD, KARR JR AND YANT PR. 1984. Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities. *Transactions of the North American Fisheries Society*, 113:39- 55.
- FEIO MJ, AGUIAR FC, ALMEIDA SFP AND FERREIRA MT. 2012. AQUAFLORA: A predictive model based on diatoms and macrophytes for streams water quality assessment. *Ecological Indicators*, 18: 586-598.
- FERDOUS Z AND MUKTADIR AKM. 2009. A review: potenciality of zooplankton as bioin-

- indicator. *Am. Jour. Appl. Sci.*, 6 (10): 1815-1819.
- FERREIRA WR, PAIVA LT AND CALLISTO M. 2011. Development of a benthic multi-metric index for biomonitoring of a neotropical watershed. *Braz. J. Biol.*, 71(1): 15-25.
- GERHARDT A. 1999. Biomonitoring of Polluted Water - Reviews on Actual Topics. Environmental Research Forum. Trans Tech Publications - Scitech Publications. Uetikon-Zuerich, Switzerland, 9: 1-13.
- GLASGOW HB, BURKHOLDER JM, REED RE, LEWITUS, A AND KLEINMAN JE. 2004. Real-time remote monitoring of water quality: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 300(1-2): 409-448
- GONÇALVES JrJF, CALLISTO M AND LEAL JF. 1998. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida. In: Esteves, F. A. ed. *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. p. 299-310.
- GONÇALVES FB AND ARANHA JMR. 2004. Ocupação espaço-temporal pelos macroinvertebrados bentônicos na bacia do rio Ribeirão, Paranaíba, PR (Brasil). *Acta Biológica Paranaense, Curitiba*, 33: 181-191.
- GONÇALVES FB AND MENEZES MS. 2011. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. *Biota Neotrop.*, 11 (4) p.
- GOULART MD AND CALLISTO M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*, 2: 78- 85.
- GRAY LJ. 1989. Emergence production and export of aquatic insects from a tallgrass prairie stream. *Southwestern Naturalist*, 34: 313-318.
- GRIFFITH MB, HILL B, MCCORMICK FH, KAUFMANN PR, HERLIHY AT AND SELLE AR. 2005. Comparative application of indices of biotic integrity based on peiphyton, macroinvertebrates and fish to southern Rocky Mountain streams. *Ecological Indicators* 5: 117-136.
- GUJER W AND KREJCI V. 1987. Urban storm drainage and receiving water ecology. In: Urban stormwater quality, planning and management. W. Gujer and V. Krejci (eds.), Proc. 4th Int. Conf. Urban Storm Drainage, Ecole Poly. Fed. Lausanne, Switzerland.
- HALL Jr LW, KILLEN WD AND ANDERSON RD. 2006. "Characterization of benthic communities and physical habitat in the Stanislaus, Tuolumne, and Merced Rivers, California". *Environmental Monitoring and Assessment*, 115: 223-264.
- HAWKES HA. 1997. Origin and development of the Biological Monitoring Working Party score system. Technical note. *Water Research*, 32:964-968.
- HAWKES HA. 1979. Invertebrates as indicators of water quality. In: Biological indicators of water quality. T.A. Evison (éd.), J. Wiley & Sons, London, pp 2.1-2.45.
- HEPPLU AND SANTOS S. 2009. Benthic communities of streams related to different le uses in a hydrographic basin in southern Brazil. *Environmental Monitoring e Assessment*, 157: 305-318.
- HEPP LU, MILESI SV, BIASI C AND RESTELLO RM. 2010. Effects of agricultural e urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Zoologia*, 27(1): 106-113.
- JARAMILLO-VILLAU AND CARAMASCHI EP. 2008. Índices de integridade biótica usando

- peixes de água doce: uso nas regiões tropicais e subtropical. *Oecologia Brasiliensis*, 12 (3): 442-462.
- JUNQUEIRA MV AND CAMPOS MCS. 1991; Notas preliminares sobre o desenvolvimento de métodos bioindicadores de qualidade da água em ambientes lóticos tropicais. *Arq. Biol. Tecnol.* 34 (1): 109-124.
- JUNQUEIRA VM AND CAMPOS SCM. 1998. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, 10: 125-135.
- JUNQUEIRA VM, AMARANTE MC, DIAS CFS AND FRANCA ES. 2000. Bio-monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 12: 73-87.
- KARR JR AND DUDLEY DR. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental management*. 11(2): 249 – 256
- KARR JR. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6:21-27.
- KERANS BL AND KARR JR. 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers in the Tennessee valley. *Ecological Applications*, 4:768-785.
- KOLKWITZ R. AND MARSSON M. 1909. *Oekologie der tierischen Saprobien*. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 2: 126-152.
- LAVOIE I, VINCENT WF, PIENITZ R AND PINCHAUD J. 2004. Benthic algae as bioindicators of agricultural pollution in the streams and rivers of southern Québec (Canada). *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 7(1): 43–58.
- LINKE S, NORRIS RH, FAITH DP, STOCKWELL D. 2005. ANNA: A new prediction method for bioassessment programs. *Freshwater Biology*, 50(1): 147-158.
- LUZ-AGOSTINHO KDB, AGOSTINHO AA, GOMES LC, JÚLIO-JR HF AND FUGI R. 2009. Effects of flooding regime on the feeding activity and body condition of piscivorous fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2): 481-490.
- MARQUES MGSM, FERREIRA RL, BARBOSA FAR. 1999. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. São Carlos: *Rev. Bras. Biol.*, 59 (2):1-19.
- MARTINS SJ. 2001. *Recuperação de matas ciliares*. Viçosa, MG: Editora Conceito.
- McALLISTER DE, HAMILTON AL, HARVEY B. 1997. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. *Sea Wind*, 11 (3): 1-142.
- METCALFE JL. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60:101- 139.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente), 1998. Programa Monitore: Diretório das Instituições que Realizam Monitoramento Ambiental. Brasília: MMA.
- MOLOZZI J, HEPP LU AND DIAS AS. 2007. Influence of Rice Crop on the Benthic Community in Itajaí Valley (Santa Catarina, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis* 19 (4): 383-392.
- MORAIS S, MOLOZZI J, LESSA A, VIANA TH AND CALLISTO M. 2010. Diversity of larvae of littoral Chironomidae (Diptera-Insecta) and their role as bioindicators in urban reservoirs of different trophic levels. *Brazilian Journal of Biology* 70:13-23.

- MORENO P, FRANÇA JS, FERREIRA WR, PAZ AD, MONTEIRO IM AND CALLISTO M. 2009. Use of the BEAST model for biomonitoring water quality in a neotropical basin. *Hydrobiologia*, 630 (1): 231-242.
- MORENO PSP. 2008. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 94.
- MOSS D, FURSE MT, WRIGHT JF AND ARMITAGE PD. 1987. The prediction of the macroinvertebrate fauna of unpolluted running-water sites in Great Britain using environmental data. *Freshwater Biology*, 17:41-52.
- MUGNAI R, OLIVEIRA RB, CARVALHO LC AND BAPTISTA DF. 2008. Adaptation of the índice biótico esteso (ibe) for water quality. *Tropical Zoology*, 21: 57-74.
- MUGNAI R AND GATTI MJ. 2008. Infra estrutura básica de suporte para o estudo de ecossistemas aquáticos. *Oecol. Bras.*, 12 (3): 506- 519.
- NAVAS-PEREIRA D AND HENRIQUES RM. 1995. Aplicação de índices biológicos numéricos na avaliação da qualidade ambiental. *Revista Brasileira de Biologia*, 56:441-450.
- NESSIMIAN JL, VENTICINQUE EM, ZUANON J, DE MARCO PJR, GORDO M, FIDELIS L, BATISTA JD AND JUAN L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614(1):117-131.
- NESSIMIAN JL, DORVILLÉ LFM, SANSEVERINO AM AND BAPTISTA DF. 1998. Relation between flood pulse and functional composition of the macroinvertebrate benthic fauna in the lower Rio Negro, Amazonas, Brazil. *Amazoniana*, 15: 35-50.
- OLIVEIRA A AND CALLISTO M. 2010. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Iheringia, Sér. Zool.*, 100(4): 291-300.
- OLIVEIRA RB, MUGNAI R, CASTRO CM AND BAPTISTA DF. 2011. Determining subsampling effort for the development of a rapid bioassessment protocol using benthic macroinvertebrates in streams of Southeastern Brazil. *Environmental Monitoring Assessment* 175: 75-85.
- OMETTO JP, GESSNER A, MARTINELLI LA AND BERNARDES MC. 2004. Macroinvertebrate community as indicator of land-use changes in tropical watersheds, southern Brazil. *Ecohydrology & Hydrobiology* 4: 37-49.
- PAUW AND VANHOORENG. 1983. Method for biological quality assessment of water courses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100: 153-68.
- PETERSEN R. 1992. The RCE: a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape. *Freshwater Biology*, 27: 295-306.
- PLAFKIN JL, BARBOUR MT, PORTER KD, GROSS SK AND HUGHES RM. 1989. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington, DC: Environmental Protection Agency.
- POMPÊO M. 2008. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. *Oecol. Bras.*, 12(3): 406- 424.
- POMPEU PS, ALVES CBM AND CALLISTO M. 2005. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. *American Fisheries Society Symposium* 47: 11-22.
- PRATT JM AND COLERRA. 1976. A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers. *Water Research*, 10:1019-1025.

- REECE PF AND RICHARDSON JS. 1999. Bio-monitoring with the reference condition approach for the detection of aquatic ecosystems at risk. In: DARLING, L.M. Proc. Biology and Management of species and habitats at risk, 2: 15-19.
- RESH VH AND JACKSON JK. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. Pp. 195-233 In: Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, eds.), New York: Chapman & Hall.
- REYNOLDS TB, NORRIS RH, RESH VH, DAY KE AND ROSENBERG DM. 1997. The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 16: 833-852.
- ROSENBERG DM AND RESH VH. 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall.
- SHEPP DL AND CUMMINS JD. 1997. Restoration in an urban watershed: Anacostia River of Maryland and the district of Columbia. In: WILLIAMS, J. E.; WOOD, C.A.; DOMBECK, M. P. (Ed.). *Watershed restoration: principles and practices*. Bethesda: American Fisheries Society, p. 297-317.
- SHUTES RBE. 1985. A comparison of benthic macroinvertebrate fauna of two North London streams. *Envir. Tech. Letters*, 6: 395-405.
- SILSBEE DG AND LARSON GL. 1983. A comparison of streams in logged and unlogged areas of Great Smoky Mountains National Park. *Hydrobiologia* 102, 99-111.
- SILVA FLDC, MOREIRA GL, BOCHINI S ANDRUIZS. 2007. Desempenho de dois índices biológicos na avaliação da qualidade das águas do Córrego Vargem Limpa, Bauru, SP, através de macroinvertebrados bentônicos. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 2 (3): 231-234.
- SILVA NTC. 2007. *Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, DF. Mestrado em Ecologia*. Universidade de Brasília. 99 p.
- SILVEIRA MP, BAPTISTA DF, BUSS DF, NESSIMIAN JL AND EGLER M. 2005. Application of biological measures for stream integrity assessment in south-east Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 101: 117-128.
- SLOOF W. 1983. Benthic macroinvertebrates and water quality assessment: Some toxicological considerations. *Aquatic Toxicology*, 4(1): 73-82.
- SOUZA ADG AND TUNDISI JG. 2003. "Water quality in watershed of the Jaboatão River (Pernambuco, Brazil): a case study". *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46 (4): 711 - 721.
- SURIANO MT, FONSECA-GESSNER AA, ROQUE FO AND FROELICH CG. 2011. Choice of macroinvertebrate metrics to evaluate stream conditions in Atlantic Forest, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 175: 87-101.
- THORNE RS AND WILLIAMS WP. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biol.* 37, 671-686.
- TUNDISI JG AND BARBOSA FAR. 1995. Conservation of aquatic ecosystems: present status and perspectives. In: *Limnology in Brazil* (J. G. Tundisi, C. E. M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi, ed.), pp. 365-376, Rio de Janeiro: Associação Brasileira Brasileira de Ciências/Sociedade Brasileira de Limnologia.
- WALLEY WJ AND FONTANA VN. 1998. Neural network predictors of Average Score Per Ta-

xonandnumberoffamiliesatunpollutedriversites
in Great Britain. *Water Research*, 32:613-622.

WALLEY WJ AND HAWKES HA. 1996. A
computerbased reappraisal of the Biological
Monitoring Working Party scores using data
from the 1990 River Quality Survey of Eng-
land and Wales. *Water Research*, 30:2086-2094.

WALLEY WJ AND HAWKES HA. 1997. A
computerbased development of the Biologi-
cal Monitoring Working Party score system
incorporating abundance rating, site type and
indicator value. *Water Research*, 31: 201-210.

WOODPJANDARMITAGEPD. 1997. Biologi-
caleffectsoffinesedimentintheloticenvironment.
Environmental Management 21(2):203-217.

WRIGHT JF. 2000. An introduction to
RIVPACS. In: WRIGHT, J. F.; SUTCLIFFE,
D. W.; FURSE, M. T. (Eds.). *Assessing the Bio-
logical Quality of Fresh Waters: RIVPACS and
Other Techniques*. Ambleside, Cumbria, UK:
Freshwater Biological Association, p. 1-24.

WRIGHT JF. 1995. Development and use
of a system for predicting the macroin-
vertebrate fauna in flowing waters. *Aus-
tralian Journal of Ecology*, 20:181-197.