

INFRA-ESTRUTURA BÁSICA DE SUPORTE PARA O ESTUDO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Riccardo Mugnai^{1-2,} & Mario Jorge Gatti¹*

1. Departamento de Biologia. Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental, Pavilhão Lauro Travassos, Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Avenida Brasil, 4365. Manguinhos. Caixa Postal: 926. CEP: 21040-360 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil

2. Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências Instituto Oswaldo Cruz (IOC-FIOCRUZ). Avenida Brasil, 4365. Manguinhos. CEP: 21040-360. Rio de Janeiro, RJ - Brasil.

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

RESUMO

A solução dos problemas ligados à água, não depende só da sua disponibilidade ou da capacidade de monitorar os corpos hídricos, mas também, de um conjunto de outros fatores, entre os quais, os processos de gerenciamento, a competência e a capacidade das instituições envolvidas, as condições sócio-políticas, a implementação do quadro legislativo e a disponibilidade de recursos financeiros. No Brasil, para a efetiva aplicação do biomonitoramento das águas e da elaboração de planos de gestão de bacia hidrográfica são necessárias, além de um quadro legislativo que atenda às novas exigências, também, radicais intervenções nas áreas do conhecimento da biota, redação de manuais para reconhecimento da biota, formação de parataxônomos, desenvolvimento e melhorias de coleções científicas e de banco de dados. Atualmente, tais aspectos devem ser considerados como essenciais na infra-estrutura básica de suporte para os estudos limnológicos brasileiros. Com a finalidade de alinhar-se aos países que já possuem metodologias e protocolos de avaliação e gerenciamento dos recursos hídricos, o Brasil discutiu estratégias e ações básicas para implementação de programas de pesquisa. Neste contexto, foram elaboradas diretrizes para modernização e consolidação de sistemas integrados de informações sobre biodiversidade, implantados bancos de dados e redigida uma primeira proposta legislativa.

Palavras-chaves: biodiversidade, coleção, banco de dados, biomonitoramento, Brasil.

ABSTRACT

BASIC INFRASTRUCTURE TO SUPPORT STUDIES OF AQUATIC ECOSYSTEMS. The solution of water issues does not only depend on the monitoring predisposition or capacity of the hydrographic basins of a country, but also on management and competency of the involved institutions, socio-political conditions, implementation of a protective legislative body and available funds. In Brazil, in order to effectively and efficiently monitor water ecosystems and create management plans for hydrographical basins, it is necessary to strengthen laws that tend to the recent demands, radically changes the areas of recognition of biota, elaboration of manuals for this purpose, formation of parataxonomists, developments and improvements of scientific publications and data bases as well. These are considered to be extremely important issues for the basic infrastructure in the studies of Brazilian limnological so as to reach the position of other countries that are already working with good methodologies, protocols of assessment and management of hydrographical resources. However, the country has already started to discuss strategies and basic notions to implement research programs. Some steps towards that direction were already taken, such as: better systems of biodiversity, databases and the writing of a first draft for legal issues.

Keywords: biodiversity, collection, datadase, biomonitoring, Brazil.

INTRODUÇÃO

Os problemas ligados ao gerenciamento dos recursos hídricos são considerados um problema mundial de primária importância, desde a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente realizada em

1972. Em geral, o problema não é homogêneo, nem constante no tempo. Frequentemente varia de forma consistente de uma região para outra, de uma estação para outra, como de um ano para outro (Biswas 2004). O gerenciamento dos recursos hídricos, as intervenções à salvaguarda da saúde pública e as medidas

necessárias para mitigar o impacto ambiental devido ao desordenado crescimento populacional são, ainda, objetos de estudo. Tais atividades são auxiliadas, em vários países do mundo, pelo emprego do biomonitoramento que permitem superar os limites de análises baseadas em dados puramente físico-químicos e, conseqüentemente, avaliar a qualidade ambiental, por sistemas de bancos de dados que integrem informações de diferentes origens, possibilitando uma abordagem multidisciplinar.

A solução dos problemas ligados a água não depende só de sua disponibilidade ou da capacidade de monitorar os corpos hídricos, mas de um conjunto de muitos outros fatores. Entre estes, cabe destacar, os processos de gerenciamento, as competências e a capacidade das instituições envolvidas, as condições sócio-políticas que determinam os planos de manejo hídrico, o desenvolvimento e gestão de processos e práticas, a criação e implementação do quadro legislativo e a disponibilidade de investimentos financeiros (Biswas 2004). Nesse sentido, a criação de leis e normativas podem agir como fonte impulsionadora nos processos de desenvolvimento e aplicação do sistema de controle. Como exemplo, a Water Framework Directive (European Commission 2000), que resultou na exigência do desenvolvimento de novas e mais refinadas ferramentas de diagnose ambiental, na geração de informações cada vez mais detalhadas relativas às espécies presentes, na necessidade de trabalhar em nível taxonômico mais baixo possível e, no gerenciamento de informações geradas. Tais exigências não só com a finalidade de avaliar a qualidade, mas também de indicar medidas potenciais para recuperação ou restauração ambiental (Verdonschot 2006).

No Brasil, a Resolução CONAMA n° 357/05 (Brasil 2005), apesar de não ter efeito normativo, teve um marco fundamental na limnologia brasileira, possibilitando a passagem de uma fase de estudos teóricos, caracterizada principalmente pela realização de estudos faunísticos e de comunidades à uma fase de aplicação caracterizada pela realização de índices de medições da qualidade ambiental.

No País, como em outras partes do mundo, as novas ferramentas de controle da qualidade ecológica dos ecossistemas aquáticos podem ser aplicadas tanto para o monitoramento e a proteção dos corpos hídricos, quanto para auxiliar nos processos de avaliação previstos para outras Leis. Entre os vários

exemplos pode-se destacar a individualização de áreas de particular interesse de proteção, a avaliação de crimes ambientais e o exame prévio de impacto, necessário para a obtenção de Licença Ambiental e dos sucessivos programas de acompanhamentos, previstos para “todos os empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental” Lei n° 6.938/81, regulamentado da Resolução CONAMA n° 237/97 (Brasil 1981, 1997).

Além de um novo quadro legislativo que regulamentamente o uso das novas ferramentas de biomonitoramento das águas, da redação de planos de gestão de bacia hidrográfica e o planejamento de medidas potenciais para recuperação ou restauração ambiental, são necessárias também radicais intervenções nas áreas do conhecimento da biota. Outrossim, a redação de manuais para reconhecimento da fauna, formação de parataxônomos, desenvolvimento e melhorias de acervos e coleções e banco de dados, conforme recomendado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) (2006), a partir dos estudos realizados no âmbito do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), no qual foram constituídas as diretrizes e estratégias para modernização e consolidação de sistemas integrados de informações sobre biodiversidade.

ESTADO DE CONHECIMENTO DA BIOTA BRASILEIRA

A diversidade biológica possui inestimável valor para a vida (Claridge 1995). As principais causas de perda da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros são a poluição, a eutrofização, o assoreamento, a construção de barragens, o controle de cheias, a pesca e a introdução de espécies exóticas (Zaitune Pamplin 2006). Tais ameaças variam consideravelmente em número e importância, de acordo com as diferentes regiões do Brasil, a densidade populacional humana, o uso do solo e as características sócio-econômicas predominantes (Agostinho *et al.* 2005).

Segundo Margules & Pressey (2000) só pode-se conservar o que se conhece, por isso, o primeiro estágio para conservar a biodiversidade é descrevê-la, mapeá-la e medi-la. Ecologia e história natural têm uma longa tradição no interesse dos padrões de

distribuição geográfica espaciais dos organismos. Já, no século XIX, botânicos e zoólogos descreveram a distribuição espacial de vários *taxa*, entre esses Von Humbolt em 1807 descreveu a distribuição latitudinal e longitudinal das zonas vegetacionais fornecendo um marco fundamental para os estudos de distribuição geográfica de animais e plantas (Goigel Turner 1989).

Hoje, existem esforços mundiais com objetivo de atenuar o impedimento taxonômico para a conservação da biota, como por exemplo, a Systematics Agenda 2000 que estabeleceu entre os seus principais objetivos descobrir, descrever e catalogar a diversidade global das espécies, analisar e sintetizar informação derivada deste esforço num sistema classificatório que reflita a história da vida e organizar e tornar os dados obtidos acessíveis e adequados às necessidades da ciência (Claridge 1995, Migotto & Tiago 1999).

A importância de se ter uma agenda de pesquisa em biodiversidade no Brasil também ressoou ao longo do processo de construção da Estratégia Nacional de Biodiversidade, coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), que envolveu diversos setores do governo e segmentos da sociedade brasileira e, que culminou com a instituição das Diretrizes para Implementação da Política Nacional de Biodiversidade (Brasil 2002). Outras iniciativas, coordenadas pelo MMA, também apontaram para necessidade de mais pesquisas em biodiversidade como o caso dos estudos de prioridades dos principais biomas brasileiros, promovidos pelo Programa de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). O Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), de acordo com os princípios da “Convention on Biological Diversity” e as “Directives of the National Biodiversity Policy”, com o intuito de apontar prioridades, integrar competências em diversos campos do conhecimento, gerar, integrar e disseminar informações sobre a biodiversidade que possam ser apropriadas para diferentes finalidades, coordenou a elaboração do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), reconhecido através da Portaria MCT 268 do 18 junho 2004 (Brasil 2004).

Entre as atividades propostas o programa prevê: o apoio à implantação e manutenção de redes de inventário da biota, o apoio à modernização de acervos biológicos, à pesquisa e desenvolvimento em áreas temáticas da biodiversidade, o desenvolvimento

de ações estratégicas para políticas de pesquisa em biodiversidade. Tais atividades estão justificadas pela crescente demanda por informações necessárias para avaliação dos impactos ambientais, definição de áreas de preservação ambiental, proteção de espécies ameaçadas, restauração de áreas degradadas, bioprospecção e para o estabelecimento de estratégias públicas e legislação ambiental (MCT 2006).

De maneira geral, quanto maior a diversidade estimada de um país e quanto menor o seu conhecimento, mais crítica é a situação de urgência de esforços e, exponencialmente maior é a responsabilidade deste país com a humanidade (Marques & Lamas 2006).

O Brasil, do ponto de vista da biodiversidade, é considerado um país megadiverso hospedando cerca de 20% da biodiversidade do planeta, mas detendo somente 1% do acervo biológico científico do mundo (MCT 2006). A base do conhecimento sobre a biodiversidade brasileira encontra-se ainda incipiente e desagregada e o nível de conhecimento da fauna está longe do ideal (Agostinho *et al.* 2005, MCT 2006). O desconhecimento da biota é muito alto e ocorre em todos os *taxa* e em todos os biomas, inclusive nos que estão bem amostrados em coleções (Erwin 1982, Rocha 2002, Agostinho *et al.* 2005, Marques & Lamas 2006, MCT 2006). Um dos urgentes desafios é constituído pelo levantamento da fauna aquática para um melhor entendimento da biodiversidade e a distribuição geográfica, principalmente em áreas protegidas (Rocha 2002, Agostinho *et al.* 2005). O número de novas espécies brasileiras, descritas anualmente, corrobora a idéia do quanto ainda necessitamos conhecer sobre nossa fauna (Lewinsohn & Prado 2002).

Em geral, a riqueza em espécie, para a maioria dos grupos de organismos marinhos e continentais aumenta marcadamente das altas latitudes até os trópicos, mas este padrão resulta menos claro para a biota de água doce (Jacobsen *et al.* 1997). Para este bioma a riqueza em espécie de angiospermas aquáticas é menor em regiões tropicais em relação às temperadas (Crow 1993), a dos moluscos é quase igual (Hubendick 1962), entretanto, as dos peixes é maior em águas tropicais (Agostinho *et al.* 2005). A classe Insecta parece não apresentar um padrão bem definido, sendo relatada por alguns autores uma alta diversidade para os trópicos e para outros uma diversidade igual entre regiões tropicais e temperadas (Jacobsen *et al.* 1997).

Em termos de biodiversidade, as águas continentais brasileiras apresentam enorme significado para Algae (25% das espécies do mundo), Porifera (Demospongiae, 33%), Rotifera (25%), Cladocera (Branchiopoda, 20%) e peixes (21%) (Agostinho *et al.* 2005), apresentando este último a maior riqueza de espécies do mundo (Marques & Lamas 2006). O número de espécies nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros é aproximado e difícil de ser estimado (Agostinho *et al.* 2005) e Rocha (2002) afirma que menos de 30% da biodiversidade da água doce é conhecida atualmente. Para fungos, algas, musgos, pteridófitas e fanerógamas aquáticas, há uma estimativa de 20.000 espécies ainda a serem identificadas. Para algas são conhecidas cerca de 10.000 espécies, 800 Cyanophyceae, 3.500 Chlorophyceae, 1.200 Bacillariophyceae, 2.000 flagelados pertencentes a vários grupos, 50 Rhodophyta e vários outros grupos perfazendo mais de 200 espécies. Para angiospermas aquáticas poucas são as informações e cerca de 100 espécies são conhecidas para o Brasil.

Sobre a fauna de invertebrados foi obtido um levantamento total de 3.154 espécies: 44 Porifera; 9 Cnidaria; 92 Turbellaria; 2 Nemertinea; 63 Gastrotricha; 10 Nematomorpha; 10 Bryozoa; 61 Tardigrada; 74 Annelida; 467 Rotifera; 308 Mollusca (Gastropoda e Bivalvia); 332 Hydracarina; 365 Crustacea e 1.297 Insecta. Existem previsões de que devem existir pelo menos cerca de 8.000 espécies de invertebrados não registrados (1.000 Coleoptera; 500 Heteroptera e 5.000 Diptera, 500 Crustacea, 500 Rotifera, mais 1.000 espécies entre todos os outros *taxa*) não considerando Bacteria e Protozoa (Rocha 2002, Agostinho *et al.* 2005). Entre estes, 44 invertebrados e 134 peixes são espécies ameaçadas de extinção (Agostinho *et al.* 2005).

No estudo da biota brasileira existem tendências no desenvolvimento do conhecimento relacionadas aos grupos taxonômicos e, também, para as diferentes áreas geográficas do País. Estudos históricos relacionados à limnologia mostraram que para vírus, bactérias e protozoários, não existem informações disponíveis sobre a diversidade para as águas doces brasileiras (Rocha 2002). As macrófitas foram negligenciadas durante muito tempo e o interesse por essa comunidade aumentou somente nas últimas três décadas (Esteves 1998) e, em geral, encontram-se pouco conhecidas ou com informações pouco sistematizadas (Agostinho *et*

al. 2005, Chambers *et al.* 2008). Para alguns grupos, entre os quais, Bryozoa, Gastrotricha, Nemertea, Hirudinida (Annelida), Hydracarina (Chelicerata), Nematomorpha, Nematoda, e muitos ordens de Insecta, não há especialistas e quaisquer estudos ou inventários e, são até hoje, praticamente desconhecidos (Rocha 2002, Ismael *et al.* 1999). Em alguns casos, este problema é agravado ainda mais pelo fato que muitas espécies foram descritas por cientistas no exterior, algumas ainda no século passado, e os holótipos se encontram em coleções fora do Brasil, tornando difíceis as comparações (Rocha 2002).

Em geral, os grupos que apresentam importância para saúde pública, como os moluscos e os insetos transmissores e/ou vetores de doenças têm recebido atenção maior (Ismael *et al.* 1999, Rocha 2002). Os grupos planctônicos como Rotifera, Cladocera, e Copepoda são melhor conhecidos do que as formas bentônicas e, entre estas por exemplo, os Decapoda, são melhor estudados e taxonomicamente conhecidos por terem maior tamanho e importância comercial (Rocha 2002).

Hoje, no âmbito do estudo da biota são de extrema importância o registro e o estudo das espécies “invasoras” além das espécies autóctones. A Portaria do IBAMA nº 145/98 define como “espécie autóctone – espécie de origem e ocorrência natural em águas de Unidade Geográfica Referencial (UGR) considerada; espécie alóctone – espécie de origem e ocorrência natural em águas de UGR que não a considerada; espécie exótica – espécie de origem e ocorrência natural somente em águas de outros países (...)” (Brasil 1998a). Tais espécies estão presentes fora dos seus limites biogeográficos naturais em consequência de atividade humana tais como cultivo, atividades comerciais ou esporte (Silva *et al.* 2004) e são uma das principais fontes de perda da biodiversidade (Zaitune Pamplin 2006). O impacto ambiental resultante da presença dessas espécies pode ser elevado, não somente para o efeito da competição em relação às espécies autóctones (Barbatesi & Gherardi 2000), mas também, pelo fato que podem ser potencialmente transmissores de vírus e fungos letais para outras espécies (Chu-Fang *et al.* 1996, Sahul Hameed *et al.* 2000, Bower 2006, Quaglio *et al.* 2006), podendo causar o desaparecimento das espécies autóctones como no caso da introdução do *Procambarus clarkii* (Girard 1852) no continente europeu (Bower 2006).

No Brasil, poucos estudos foram realizados sobre a introdução de espécies exóticas invasoras (Gazola da Silva *et al.* 2007) e os registros das alóctones, como o estudo de Magalhães *et al.* (2005) para o Estado de São Paulo, no qual registrou as espécies *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862), *M. jelskii* (Miers 1877) e *Dilocarcinus pagei* Stimpson, 1861, todos endêmicos da América sul-tropical.

Com relação às diferenças geográficas no conhecimento da biota brasileira, Marques & Lamas (2006), num estudo relativo à distribuição geográfica dos sistematas brasileiros e os estudos taxonômicos realizados no País no período 2000-2005, os autores afirmam que os sistematas apresentam uma distribuição espacial desigual, majoritariamente concentrada nas regiões Sudeste (51,7%) e Sul (21,6%), seguidas por Nordeste (14,2%), Norte (13,3%) e Centro-oeste (4,1%). Avaliando os trabalhos publicados, sob uma perspectiva regional, a região Sudeste é responsável por 70,64% das publicações brasileiras na área de Zoologia, seguida pela região Sul (13,94%), Nordeste (5,89%), Centro-oeste (5,08%) e Norte (4,45%). Existe ainda um regionalismo ligado às publicações relativas a invertebrados não-Hexapoda, Hexapoda e Vertebrata, apresentando a região Sudeste um desempenho equilibrado nos três conjuntos, as regiões Sul e Norte um predomínio proporcional de estudos em Vertebrata, e as regiões Nordeste e Centro-oeste um predomínio em estudos com Hexapoda.

O maior número de estudos de levantamento de biodiversidade foi realizado nas regiões Sul, Sudeste e Amazônica. Para a região Centro-Oeste e a Nordeste o conhecimento e a amostragem são quase inexistentes para uma substancial parte dos *taxa* (Rocha 2002, Marques & Lamas 2006), e existem bacias hidrográficas jamais inventariadas (Agostinho *et al.* 2005).

Esta situação de grande heterogeneidade de quantidade de informações disponíveis para os diferentes grupos taxonômicos e área geográficas, é ainda mais agravada pelo fato que os estudos limnológicos realizados em diferentes regiões desenvolvem-se de forma isolada (Callisto *et al.* 1998), e os dados são adquiridos utilizando diferentes metodologias, esforços amostrais e de forma irregular no espaço (Metzger & Casatti 2006). A ausência de um trabalho padronizado no Brasil, não só favorece o incremento dos esforços de coletas dos dados como constitui um desperdício de recursos públicos, além de impedir a construção de

um sistema de informação em biodiversidade que é essencial para o conhecimento, o uso e a conservação da sua herança (MCT 2006).

CATÁLOGOS, CHAVES DE IDENTIFICAÇÃO E MANUAIS

Conhecer o que se estuda é o primeiro passo para qualquer pesquisa científica. Este processo é particularmente importante nas ciências biológicas, na qual reconhecer os organismos é indispensável (Simone 2006). Nos estudos limnológicos, em particular, a resolução taxonômica foi sempre considerada um aspecto crítico, especialmente quando os organismos são usados para o biomonitoramento da qualidade da água (Goethals 2002, Schmidt-Kloiber & Nijboer 2004, Bonada *et al.* 2006, Haase *et al.* 2006, Resh 2007, Rosenberg & Resh 1993, Verdonschot 2006).

Resh & McElravy (1993) evidenciaram que nos estudos limnológicos, o nível taxonômico varia de acordo com o grupo taxonômico, geralmente Insecta, Platyhelminthes e Crustacea em nível de gênero ou espécie, enquanto Nemathoda e Annelida geralmente em nível de família ou status nomenclatorial inferior, refletindo provavelmente o estado de conhecimento da biota. Por outro lado, um uso de *taxa* acima da espécie pode ser usado para garantir uma ampla aplicação do estudo do ponto de vista geográfico (Goethals 2002), ou devido a um compromisso entre custos e resultados (Resh & McElravy 1993, Bonada *et al.* 2006). Vários trabalhos mostraram que a sensibilidade dos estudos ecológicos melhora quando a resolução taxonômica é mais precisa (Resh & Unzicker 1975, Marchant 1990, Marchant *et al.* 1997, Hawkins *et al.* 2000).

Trabalhos como chaves de identificação, catálogos e manuais com chaves de identificação representam passos básicos e facilitadores da pesquisa, são instrumentos úteis para formação de especialistas e para a exploração da biodiversidade (MCT 2006), além de ser um importante avanço na organização do conhecimento (Marques & Lamas 2006).

A disponibilidade de chaves dicotômicas permite a identificação, por não especialistas, em nível de família ou de gênero, enquanto a identificação em nível de espécie é frequentemente tarefa dos especialistas (Goethals 2002). A ausência deste material bibliográfico pode levar o pesquisador e o estudante em formação a utilizarem manuais e chaves

de outras regiões geográficas para tentar reconhecer as espécies de nossa fauna, o que nem sempre é possível e geralmente inadequado (Marques & Lamas 2006). Em contraste com essa função de primária importância e de grande uso prático, a publicação desses tipos de trabalhos é relegada a revistas de baixo índice de impacto (MCT 2006).

No Brasil, na última década ocorreu um incremento do número de publicações relativas aos estudos taxonômicos e biogeográficos relativos à fauna aquática, como também a produção de chaves de identificação, mas, até hoje, poucos são os trabalhos bibliográficos que organizem esta produção científica, dispersas nas várias revistas especializadas, e.g. para: Algae - Menez & Alves Dias 2001, Annelida - Righi 1984, Crustacea - Bond-Buckup & Buckup 1998, Melo 2003, Molusca - Simone 2006, Insecta - Nieser & Melo 1997, Costa *et al.* 1988, Costa *et al.* 2006, Peixes - Buckup *et al.* 2007, Menezes *et al.* 2007.

Nesse contexto, o MCT com o programa PPBio, entre as estratégias e as propostas de ações para o estudo da biodiversidade destaca a necessidade de apoio a confecção de catálogos e manuais, a serem considerados produtos derivados de revisões taxonômicas, e de particular utilidade na divulgação de informações a não-sistematas (MCT 2006).

ACERVOS E COLEÇÕES LIMNOLÓGICAS

As coleções biológicas podem ser consideradas como arquivos biológicos que se prestam ao ensino e a pesquisa e possuem importância como registro da diversidade biológica de uma determinada área oferecendo diferentes tipos de informações técnico-científica (Franca & Callisto 2007). A Instrução Normativa nº 160/07 do MMA, Art. 3º Coma I, define a coleção biológica como: “coleção de material biológico devidamente tratado, conservado e documentado de acordo com normas e padrões que garantam a segurança, acessibilidade, qualidade, longevidade, integridade e interoperabilidade dos dados da coleção, pertencente à instituição científica com objetivo de subsidiar pesquisa científica ou tecnológica e a *ex situ*” (Brasil 2007).

Ao longo da história, coleções biológicas (zoológicas, botânicas, microbiológicas) têm sido repositórios estáticos de informação, catalogando espécimes e realizando atividades de análise sistemática

(Lange Canhos *et al.* 2004). A missão das coleções científicas, nos dias de hoje, é ser centros ativos de educação, conservação e pesquisa em biodiversidade, suprimindo as necessidades de conhecimento confiável em biodiversidade por parte da comunidade científica e da sociedade, agindo como centros de informação em biodiversidade (Krishtalka 1996). Além disso, as coleções podem desempenhar um papel relevante no setor da saúde pública, na agropecuária e outros setores econômicos. Segundo o MCT (2006) o conjunto de acervos científicos e dados associados deve ser considerado como infra-estrutura básica de suporte para o desenvolvimento científico, a inovação tecnológica, a pesquisa e a ampliação da base do conhecimento sobre a biodiversidade.

O Brasil foi o primeiro signatário da Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica (United Nations Environmental Programme) em 1994. A Convenção, ratificada por mais de 180 países, teve grande impacto na conservação dos recursos biológicos. O documento foi transformado na íntegra em Lei pelo Decreto nº 2.519, de 16 de Março de 1998 (Brasil 1998b). Consequentemente, o País assumiu obrigações legais para desenvolver estratégias nacionais e planos de ação para conservação e uso sustentável da diversidade biológica em áreas de sua jurisdição. Nesse contexto, a organização de coleções biológicas teve sua importância realçada e coleções zoológicas, microbiológicas, herbários e jardins botânicos foram incluídos nos esforços para preservar a biodiversidade (Yoshida *et al.* 2005).

Em geral, a situação das coleções biológicas brasileiras está longe de ser considerada adequada. A situação para a maioria dos grupos taxonômicos é incompleta ou mesmo inexistente, e para muitos dos *taxa*, as coleções estão dispersas e incompletas na maioria das instituições (Rocha 2002). Além disso, são necessários recursos financeiros para manutenção e treinamento de técnicos especializados, para melhoria da qualidade dos dados de acervos e da produção e integração de dados sobre espécies (MCT 2006). No que diz respeito às coleções relacionadas à limnologia, poucos são os grupos de pesquisa em ecologia no Brasil que preservam os grupos coletados em seus estudos, de forma sistematizada e ordenada (Franca & Callisto 2007). Assim, faz-se necessário além de preservar e tomar os lotes dos exemplares coletados, relacioná-los aos dados ambientais e da

qualidade físico-química da água e aos registros fotográficos das localidades, criando bancos de dados relacionais.

O material biológico preservado conforme acima descrito, pode ser utilizado para sucessivos e exaustivos estudos, conforme sugerido por Bonada *et al.* (2006), fundamental em áreas onde os estudos limnológicos são ainda incipientes. Entre as possíveis aplicações que este sistema de preservação pode permitir incluem-se os estudos para o desenvolvimento de novas ferramentas de controle ambiental, de faunística, de malformações, de bioacúmulo, além de proporcionar a integração de dados de diferentes disciplinas (ICSU 2004), atendendo aos desafios propostos no documento PPBio, promovendo a interação de especialistas e grupos de pesquisa para o conhecimento da biodiversidade (MCT 2006).

Nessa direção, várias instituições de pesquisa têm investido no desenvolvimento de coleções de fauna aquática, em apoio aos estudos ecológicos e de conhecimento da biodiversidade (Ferreira *et al.* 2005, França & Callisto 2007). Entretanto, até hoje, nenhum procedimento com finalidade de organizar o tombamento de todo o material biológico coletado foi apresentado.

BANCO DE DADOS

Conceitualmente, um banco de dados é um conjunto de informações com uma estrutura regular, relacionadas a um argumento ou a um escopo (Microsoft 1992, Wikipedia 2007a). Tecnicamente, um banco de dados pode ser definido como uma coleção de registros salvos em um computador em modo sistemático, de forma que um programa possa consultá-lo para responder questões (Wikipedia 2007a). O software que gerencia e permite o acesso, a manipulação e a organização dos dados é geralmente chamado de Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) ou, Database Management System (DBMS); exemplos de aplicativos de banco de dados são Microsoft Visual FoxPro, Microsoft Access, dBASE, FileMaker, HyperCard, MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, Oracle etc. (Microsoft 1992, Wikipedia 2007b).

A gestão de dados pode ser vista como o processo que começa com a concepção e design do projeto de pesquisa, continua com a captura e a análise dos dados e culmina com a publicação, o arquivamento

e a disponibilidade dos dados a um amplo público (Michener & Brunt 2000). Segundo estes autores, para criar um sistema de gerenciamento de dados são necessárias as seguintes atividades:

- compilação de um inventário de dados e recursos existentes listando as prioridades para a implementação;

- organização dos dados estabelecendo uma estrutura lógica que facilitará o armazenamento, a recuperação e o manejo;

- estabelecimento dos procedimentos necessários para aquisição de dados e para garantir a qualidade da informação;

- estabelecimento dos protocolos da documentação de conjunto de dados, incluindo a adoção ou criação de metadata e procedimentos para registro dos mesmos (entendendo com o termo metadata, a informação que pode dizer do que se trata aquele dado, geralmente inteligível por um computador (Wikipedia 2007c);

- desenvolvimento dos procedimentos para o armazenamento e a manutenção de arquivos de dados impressos e eletrônicos;

- individuação das responsabilidades e delineamento da estrutura administrativa e de procedimentos.

Na Figura 1 é apresentado um diagrama esquemático da estrutura e funcionamento de um banco de dados.

Atualmente, o uso de banco de dados para a conservação da biodiversidade e análise ambiental apresenta-se em fase de incremento (Statzner *et al.* 2007). Vários bancos de dados foram desenvolvidos com a finalidade de facilitar a conservação da biodiversidade (e.g. <http://www.sciencemag.org/feature/>; <http://www.worldwildlife.org/wildfinder/>; <http://www.guadalmed.org>; <http://www.faunaeur.org/>; <http://www.freshwaterlife.org/>; <http://www.leda-traitbase.org/>). Outros foram desenvolvidos com o objetivo de relacionar dados biológicos e abiológicos (Symes *et al.* 1998) ou dados autoecológicos com parâmetros abiológicos e ambientais (Usseglio-Polatera *et al.* 2000, Hering *et al.* 2004, Schmidt-Kloiber *et al.* 2006), com a finalidade de fornecer informações relativas aos padrões de distribuição geográfica e das características biológicas e fornecer informações relevantes para melhorias dos sistemas de controle ambiental (Statzner *et al.* 2007).

No caso do uso de dados biológicos para a gestão de bacias hidrográficas é necessário lembrar que as

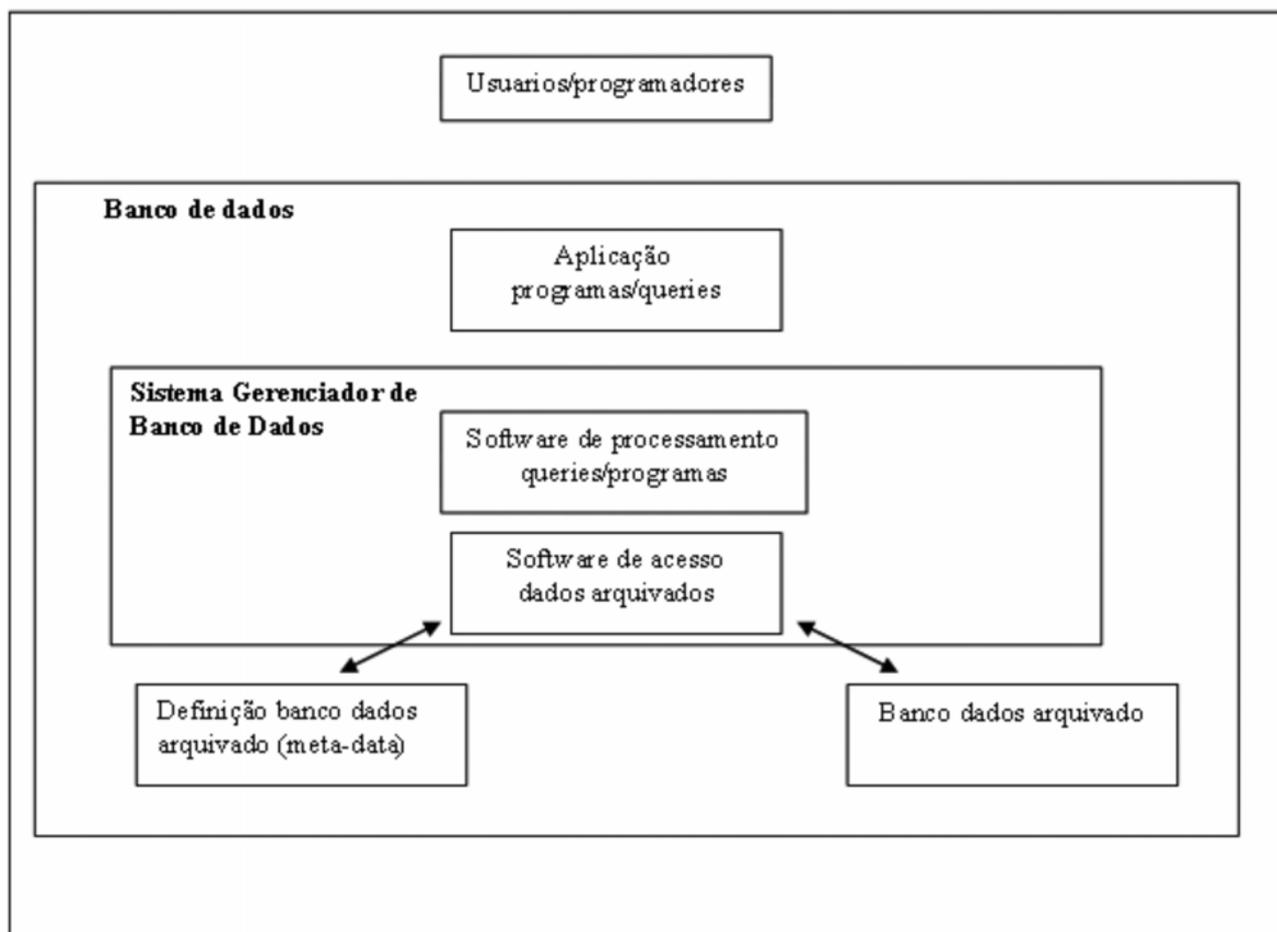


Figura 1. Representação simplificada do sistema de funcionamento de um banco de dados (modificado de Elmasri & Navathe 2000).

Figure 1. Simplified scheme of how a databank works (based on Elmasri & Navathe 2000).

atividades de planejamento e gerenciamento incluem um composto de elementos, os quais, embora dentro da bacia, podem estar distantes dos corpos d'água. Outros aspectos devem ser considerados além da água, tais como o desenvolvimento ambiental e social-econômico, requerendo assim uma visão multidisciplinar e transdisciplinar do problema, e envolvendo planejamento, gerenciamento e resolução de conflitos, simultaneamente (Barrow 1998, Vincevièiene & Pamakštys 2001, Biswas 2004). Consequentemente, torna-se necessário que os dados biológicos sejam associados a outros tipos de informações e estejam disponibilizados de forma integrada (Saha 1981, Barrow 1998, Petts *et al.* 2006).

Segundo Saha (1981), a bacia hidrográfica é em realidade um sistema complexo, constituído por um conjunto de subsistemas (*socio-ecological megasystem*), que incluem fatores físicos, biológicos e humanos, cuja complexidade não é só determinada pelos números de fatores envolvidos, mas também de suas interações (Figura 2).

A integração entre dados provenientes de diferentes disciplinas possibilita a definição de cartas geoprocessadas que, superpostas, ligam as várias informações permitindo análises e visualização das interações, nas quais incluem-se o estado ecológico, às influências de atividades geradas por processos antrópicos ou demográficos, agravos à saúde humana, presença de patógenos, distribuição de vetores (Aires Pereira 2005, Chäffer & Lanzer 2005, Pereira *et al.* 2005) e também a identificação das áreas com potenciais na conservação (Mazão *et al.* 2005). Segundo o MCT (2006), este processo de integração pode introduzir procedimentos gerenciais, com a finalidade de facilitar a rastreabilidade do processamento das amostras e das informações associados.

Lange *et al.* (2004), com relação à criação de um sistema de bancos de dados com acesso aberto sobre a biodiversidade no Brasil, reportam que o desenvolvimento desta ferramenta tem como desafios: inventariar e aumentar substancialmente a base de conhecimento sobre a diversidade biológica; disseminar

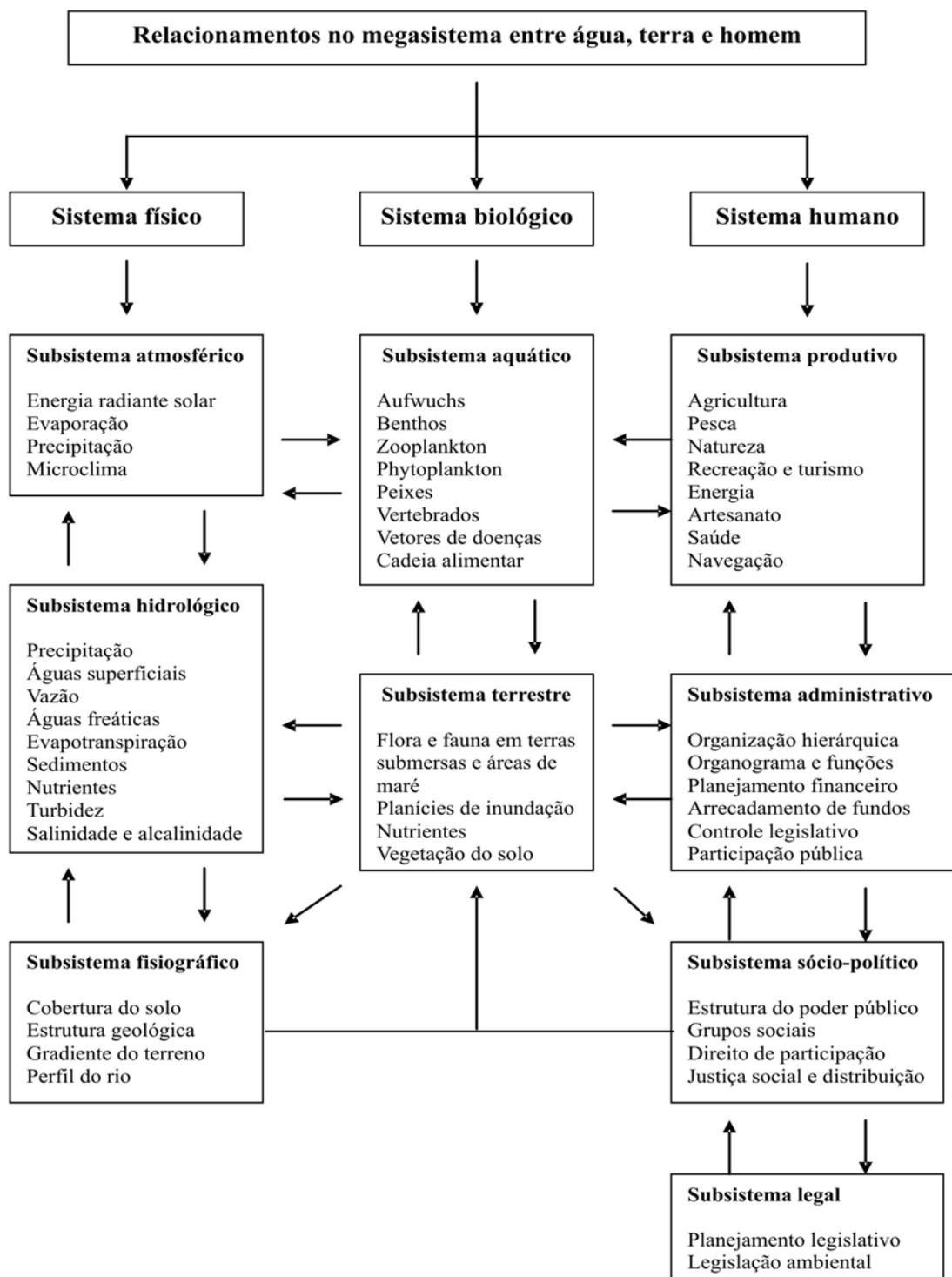


Figura 2. Socio-ecological megasystem da bacia hidrográfica (modificado de Saha 1981)

Figure 2. Socio-ecological megasystem of an hydrographic basin (modified from Saha 1981).

a cultura de compartilhamento de dados e o conhecimento de acesso público e livre; integrar pessoas, grupos de pesquisa e instituições dos setores público e privado em redes cooperativas de pesquisa e informação voltadas para a criação de uma infra-estrutura de dados sobre espécies e espécimes de acesso aberto e livre; organizar a informação e o conhecimento em

bases de dados e sistemas de informação, integrando-as com tecnologia que facilite o acesso ao conhecimento disponível; usar a informação obtida no passado e no presente para prever e planejar o futuro; garantir a preservação de dados primários por tempo indeterminado para uso no presente e no futuro; criar um ambiente legal favorável ao processo de inovação

científica e tecnológica, que facilite o acesso e o uso dos componentes da diversidade em bases sustentáveis; possibilitar a apropriação do conhecimento sobre a diversidade biológica por tomadores de decisão e responsáveis pelo desenvolvimento e pela harmonização de políticas públicas.

Os mesmos autores, em acordo com o MCT (2006), apontam para o País os seguintes fatores limitantes: infra-estrutura em informática nas coleções; precariedade de grande parte das redes de *campi* de universidades e centros de pesquisa; ausência de equipe capacitada ou de apoio em informática na maioria das coleções; lacunas de conhecimento taxonômico e geográfico; ausência ou insuficiência de recursos humanos capacitados para trabalhar com determinados grupos taxonômicos; dificuldades na contratação de especialistas nas instituições de pesquisa do País; impossibilidade de contratar especialistas em projetos apoiados por agências de fomento do Brasil; ausência de uma política de disseminação de dados e informações de acesso aberto nas principais agências de ciência e tecnologia do País; ausência de uma política interagencial para a disseminação de dados e informações de acesso aberto; ausência de políticas governamentais para a preservação e a disseminação de dados que já nascem digitais; ausência de um sistema de arquivo permanente de dados.

No Brasil, o consenso da comunidade científica quanto à importância e necessidade de se compartilhar dados, trocar informações e divulgar conhecimentos nasceu em 1997 com o projeto SinBiota, no qual ficou acordado que haveria uma ficha padrão de coleta para todos os grupos taxonômicos e todas as coletas seriam georeferenciadas utilizando um GPS (Lange Canhos *et al.* 2004). O projeto SinBiota nasceu com finalidade de facilitar o compartilhamento de dados pela comunidade científica, visando o inventário e a caracterização da biodiversidade do Estado de São Paulo, definindo os mecanismos para sua conservação, seu potencial econômico e sua utilização sustentável, e é composto por duas partes básicas: o Banco de Dados e a Base Cartográfica. O diferencial deste banco de dados consiste, principalmente, na capacidade de armazenar informações sobre todos os grupos taxonômicos existentes e sua alimentação que é feita pelos próprios pesquisadores que estão gerando os dados em seus projetos (Colombo & Marino 2005).

A partir dos dados gerados pelos pesquisadores em suas coletas de campo, armazenados no banco de dados do SinBiota e da base cartográfica do Estado de São Paulo, produzida na escala 1:50.000, foi desenvolvido um aplicativo, denominado Atlas Biota, que tem por objetivo tornar disponível para a comunidade científica e leigos mapas temáticos que apresentem os pontos de coletas já cadastrados no sistema, contextualizados em vários temas como bacias, municípios, remanescentes de vegetação, mapa viário, rede de drenagem (Colombo & Marino 2005).

Em 1999, foi criado o programa BIOTA financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), uma das maiores iniciativas empreendidas no Brasil para o estudo e conservação da biodiversidade. Entre seus principais objetivos está a avaliação da efetividade do esforço de conservação no Estado de São Paulo, identificando áreas e componentes prioritários, o estudo e a conservação da biodiversidade, em particular no desenvolvimento de indicadores ecológicos, a definição de áreas prioritárias e a viabilização da conservação (Metzger & Casatti 2006). Desde que foi criado, o programa possibilitou a descrição de mais de 500 espécies de plantas e animais e forneceu apoio a 75 projetos de pesquisa, 150 mestrados e 40 doutorados e a produção de 500 artigos, 16 livros e dois atlas (Agência FAPESP 2008).

No Brasil, os programas relativos aos bancos de dados de biodiversidades são uma realidade ainda que incipiente, conforme evidenciado com o acordo de cooperação em 2008 entre FAPESP e universidades estaduais paulistas, para a institucionalização do Instituto Virtual da Biodiversidade, com finalidade de fornecer ao programa Biota-FAPESP um caráter permanente e garantir a manutenção dos sistemas de informação ambiental (Agência FAPESP 2008). Outro exemplo a citar é o recente Programa Biota Minas criado em 2007, que tem por objetivo realizar o diagnóstico completo e atualizado da biodiversidade, mapear o conhecimento existente na área e identificar lacunas científicas e demandas prioritárias do Estado de Minas Gerais. O projeto, criado com base na experiência do Biota-FAPESP, irá utilizar as ferramentas desenvolvidas pelo programa paulista, adaptando a estrutura dos bancos de dados e aproveitando os softwares já desenvolvidos para integração de dados biológicos às bases cartográficas (Agência FAPESP 2008).

Como evidenciado neste trabalho, o Brasil deve enfrentar o grande desafio representado pelo conjunto de ações necessárias para alcançar as metodologias e protocolos de avaliação e gerenciamento dos recursos hídricos num país megadiverso. Apesar das dificuldades, o país já realizou os primeiros passos fundamentais para atingir a meta proposta, redigindo uma proposta legislativa e discutindo diretrizes e estratégias para modernização e consolidação de sistemas integrados de informações sobre biodiversidade e implantando novos bancos de dados.

Doravante, deve-se levar em consideração que os esforços da limnologia brasileira prescindem de conhecimentos que devem ser gerados, não só pensando as peculiaridades de cada Estado e grupo de pesquisa, mas com intuito de gerar esforços inter-agenciais, objetivando a otimização dos conhecimentos adquiridos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA FAPESP. 2008. Divulgando a cultura científica. Disponível em: <http://www.agencia.fapesp.br/> acesso em: 02 jan. 2008.
- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M. & GOMES, L.C. 2005. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1): 70-78.
- AIRES PEREIRA, J.L. 2005. Projeto coleções informatizadas do Instituto Oswaldo Cruz. I Simpósio Nacional de Coleções Científicas. Evento Comemorativo dos 105 anos do Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 11-12 maio 2005.
- BARBARESI, S. & GHERARDI, F. 2000. The invasion of the alien crayfish *Procambarus clarkii* in Europe, with particular reference to Italy. *Biological Invasions*, 2: 259-264.
- BARROW, C.J. 1998. River Basin Development Planning and Management: A Critical Review. *World Development*, 26: 171-186.
- BISWAS, A.K. 2004. Integrated Water Resources Management: A Reassessment A Water Forum Contribution. *Water International*, 29(2): 248-256.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, B. & STATZNER, V.H. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Reviews of Entomology*, 51: 495-523.
- BOND-BUCKUP, G. & BUCKUP, L. 1998. Malacostraca. Eucarida. Aeglidae. In: Young, P.S. (ed.). Catalogue of Crustacea of Brazil. Rio de Janeiro: Museu Nacional. Série Livros n. 6, p. 431-437.
- BOWER, S.M. 2006. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: *Psorospermium* sp. (Protozoan Infection) of American Crayfish. Disponível em: http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/shelldis/pages/psoroacy_e.htm Acesso em: 05 dez. 2007.
- BRASIL. 1981. Ministério do Meio Ambiente Lei 6938/81 de 31/01/1981. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/9104.html> acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 1997. CONAMA 237/97 de 19 DE dezembro 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html> acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 1998a. Portaria nº 145/98, de 29 de outubro de 1998. Disponível em: http://www.institutohorus.org.br/download/marcos_legais/PORTARIA_N_145_DE_29_DE_OUTUBRO_DE_1998.pdf acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 1998b. Ministério do Meio Ambiente. Decreto Nº 2.519, de 16 de Março de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/D2519.htm> acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 2002. Decreto Nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/2002/D4339.htm> acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 2004. Portaria MCT Nº 268, de 18.06.2004. Disponível em: http://ftp.mct.gov.br/legis/portarias/268_2004.htm acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 2006. Programa de Pesquisa em Biodiversidade. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Política e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília. 314 pp.
- BRASIL. 2005. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.dcomm.puc-rio.br/download/Conama357.pdf> acesso em: 11 dez. 2007.
- BRASIL. 2007. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa Nº 160, de 27 de abril de 2007. Disponível em: www.ibama.gov.br/sisbio/legislacao.php?id_arq=5 acesso em: 11 dez. 2007.
- BUCKUP, P.; MENEZ, N.E. & SANT'ANNA, M. (Eds). 2007. *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Museu Nacional. Rio de Janeiro 195p.
- CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. & VIANNA, J.A. 1998. Qual a importância de uma coleção científica de organismos aquáticos em um projeto de biodiversidade? Anais IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros, 2: 432-439.
- CHAMBERS, P.A.; LACOU, P.; MURPHY, K.J. & THOMAZ, S.M. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 9-26.
- CHU-FANG, L.; CHING-HUI, H.; SHAO-EM, P.; CHAU-HUEI, C.; HUI-CHEN, S.; YA-LIN, H.; CHEN-FANG, C.; KUAN-FU, I.; MAO-SEM, S.; CHUNG-HSIUNG, W. &

- GUANG-HSIUNG, K. 1996. White spot syndrome baculovirus (wsbv) detected in cultured and captured shrimp, crabs and other arthropods. *Diseases of Aquatic Organisms*, 27: 215-225.
- CLARIDGE, F. 1995. Introducing Systematics Agenda 2000. *Biodiversity and Conservation*, 4: 451-454.
- COLOMBO, A. & MARINO, A. 2005. Sinbiota. Curso de Introdução ao Sistema de Informação. Ambiental SinBiota. V Simpósio e V Reunião de Avaliação do Programa BIOTA/FAPESP.
- COSTA, C.; VANIN, S.A. & CASARI-CHEN, S.A. 1988. Larvas de Coleóptera do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 282 p.
- COSTA, C.; IDE, S. & SIMONKA, C.E (Eds.). 2006. Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação. Holos Editora. Riberão Preto. 249 p.
- CROW, G.E. 1993. Species diversity in aquatic angiosperms: latitudinal patterns. *Aquatic Botany*, 44: 229-258.
- ELMASRI, R. & NAVATHE, S.B. Fundamentals of Database Systems, Addison-Wesley Publishing Company Inc, 2000.
- EUROPEAN COMMISSION. 2000. The EU Water Framework Directive - integrated river basin management for Europe. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html acesso em: 21 fev. 2008.
- ERWIN, T.L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleóptera and other arthropod species. *The Coleopterists Bulletin*, 36:74-75.
- ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. Finep/Inter-ciência, Rio de Janeiro. 602p.
- FERREIRA, H.; TOLENTINO, J.; JUNQUEIRA, M.; LOPEZ, C.; FRANCESCHETTI, S.; CAMPOS, M. & GOMES, T. 2005. Biomonitoramento informatizado: uma ferramenta para gestão da informações tecnológica sobre o recurso hídrico. X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus (BA), 24-29 julho de 2005.
- FRANÇA, J. & CALLISTO, M. 2007. Coleção de macroinvertebrados bentônicos: ferramenta para o conhecimento da biodiversidade em ecossistemas aquáticos brasileiros. *Neotropical Biology and Conservation*, 2(1): 3-10.
- GAZOLA-SILVA, F.F.; MELO, S.G. & VITULE, J.R.S. 2007. *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae): possível introdução em um rio da planície litorânea paranaense (PR, Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 36 (1-2): 83-90.
- GOETHALS, P. (Ed). 2000. Data collection concerning macrobenthos. Edited by Peter L.M. Goethals (Version of 15 April 2002). Disponível em: http://www.eamn.org/documents/soa-report/report-parts/WG1_Macrobenthos_data_collect_overview.pdf acesso em: 15 dez. 2007.
- GOIGEL TURNER, M. 1989. Landscape Ecology: the effect of pattern on process. *Annu. Ver. Ecol. Syst.*, 20: 171-197.
- HAASE, P.; MURRAY-BLIGH, J.; LOHSE, S.; PAULS, S.; SUNDERMANN, A.; GUNN, R. & CLARKE, R. 2006. Assessing the impact of errors in sorting and identifying macroinvertebrate samples. *Hydrobiologia*, 566: 505-521.
- HAWKINS, C.P. & NORRIS, R.H. 2000. Effects of taxonomic resolution and use of the subsets of the fauna on the performance of RIVPACS-type models. Pp: 217-228. In: J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M. T. Furse (eds). Assessing the Biological Quality of Fresh Waters. RIVPACS and Other Techniques. Freshwater Biological Association.
- HAWKINS, C.P., & NORRIS, R.H. 2000. Performance of different landscape classifications for aquatic bioassessments: Introduction to the series. *Journal of the North American Benthological Society*, 19: 367-369.
- HERING, D.; MOOG, O.; SANDIN, L. & VERDONSCHOT, P.F.M. 2004. Overview and application of the AQUEM assessment system. *Hydrobiologia*, 516: 1-20.
- HUBENDICK, B. 1962 Aspects on the Diversity of the Fresh-Water Fauna. *Oikos*, 13(2): 249-261.
- ICSU (INTERNATIONAL COUNCIL FOR SCIENCE). 2004. Scientific Data and Information. Disponível em: http://www.icsu.org/Gestion/img/ICSU_DOC_DOWNLOAD/551_DD_FILE_PAA_Data_and_Information.pdf Acesso em: 20dez. 2007.
- ISMAEL, D.; VALENTI, W.C.; MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. 1999. Síntese. *Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX*, 4: 169-176.
- JACOBSEN, D.; SCHULTZ, R. & ENCLADA, A. 1997. Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude. *Freshwater Biology*, 38: 247-261.
- KRISHNALKA, L. & HUMPHREY, P. 1996. Can Natural History Museums Capture the Future? Disponível em: <http://www.bioone.org/archive/0006-3568/50/7/pdf/i0006-3568-50-7-611.pdf> Acesso em: 13 jan. 2008.
- LANGE CANHOS, D.; COLOMBO, A.; MARINO, A.; SOUZA, S.; UMINO, C.; CRUZ, B. & ALBANO, A. 2004. *Trabalhos desenvolvidos no SinBiota Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/Fapesp pelo Centro de Referência em Informação Ambiental - CRIA*.
- LEWINSOHN, T.M. & PRADO, P.I. 2002. Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge. Pp. 139-144. In: T.M. Lewinsohn & P.I. Prado, (eds.). Biodiversidade brasileira: síntese do estado do conhecimento atual. 176p.

- MAGALHÃES, C.; BUENO, S.L.S.; BONDBUCKUP, G.; VALENTI, W.C.; SILVA, H.L.M.; KIYOHARA, F.; MOSSOLIN, E.C. & ROCHA, S.S. 2005. Exotic species of freshwater decapod crustaceans in state of São Paulo, Brazil: records and possible causes of their introduction. *Biodiversity and Conservation*, 14: 1929-1945.
- MARCHANT, R. 1990. Robustness of classification and ordination techniques applied to macroinvertebrate communities from the La Trobe River, Victoria. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41: 493-504.
- MARCHANT, R.; HIRST, A.; NORRIS, R.H.; BUTCHER, R.; METZELING, L. & TILLER, D. 1997. Classification and predictions of macroinvertebrate assemblages from running waters in Victoria, Australia. *Journal of the North American Benthological Society*, 16: 664-681.
- MARGULES, C.R. & PRESSEY, R.L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405: 243-53.
- MARQUES, A.C. & LAMAS, C.J. 2006. Taxonomia zoológica no Brasil: Estado da arte, expectativas e sugestões de ações futuras. *Papéis avulsos de Zoologia do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*, 46(13): 139-174.
- MAZÃO, G.; PAULO, A. & OLIVEIRA, L. 2005. Georeferenciamento utilizando as ordens ephemeroptera, plecoptera e trichoptera para identificação de áreas potenciais para conservação do cerrado. Biomonitoramento informatizado: uma ferramenta para gestão de informações tecnológicas sobre o recurso hídrico. X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus (BA), 24-29 julho de 2005.
- MCT (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA). 2006. *Diretrizes e estratégias para modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade*. 313p.
- MELO, G.A.S. 2003. *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*. Museu de Zoologia - Universidade de São Paulo, São Paulo. 429p.
- MENEZ, M. & ALVES DIAS, I. (Eds.). 2001. *Biodiversidade de algas de ambientes continentais do estado do Rio de Janeiro*. Museu Nacional. Rio de Janeiro, 254p.
- MENEZES, N.; WEITZMAN, S.; OYAKAWA, O.; LIMA, F.; CASTRO, R. & WEITZMAN, M. 2007. Peixes de água doce da mata atlântica. Conservação Internacional; FAPESP; CNPq.
- METZGER, J.P. & CASATTI, L. 2006. Do diagnóstico à conservação da biodiversidade: o estado da arte do programa BIOTA/FAPESP. *Biota Neotropica*, 6(2): <http://www.biotaneotropica.org.br>. acesso em: 13 jan. 2008.
- MICHENER, W.K. & BRUNT, J.W. (eds.) (2000). *Ecological Data: Design, Management and Processing*. Blackwell Science, Oxford.
- MIGOTTO, A.E. & TIAGO, C.G. (Eds.). 1999. *Invertebrados marinhos. Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento no final do século XX. Volume 3*. FAPESP, São Paulo.
- NIESER, N. & MELO, A. 1997. Os heteropteros aquáticos de Minas Gerais. Editora UFMG. Minas Gerais. 177p.
- PERREIRA, R.; SCÄFFER, A. & LANZER, R. 2005. Sistema de informação geográfica regional ambiental (SIGRA): monitoramento limnológico na Serra Gaúcha. Biomonitoramento informatizado: Uma ferramenta para gestão de informações tecnológicas sobre o recurso hídrico. X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus (BA), 24-29 julho de 2005.
- PETTS, G.E.; NESTLER, J. & KENNEDY, R. 2006. Advancing science for water resources management. *Hydrobiologia*, 565: 277-288.
- QUAGLIO, F.; MOROLLI, C.; GALUPPI, R.; BONOLI, C.; MARCER, F.; NOBILE, L.; DE LUISE, G. & TAMPIERI, M.P. 2006. Preliminary investigations of disease-causing organisms in the white-clawed crayfish *austropotamobius pallipes* complex from streams of northern Italy. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 380-381: 1271-1290.
- RESH, V.H. & MCELRAVY, E.P. 1993. *Contemporary quantitative approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York (USA).
- RESH, V.H. 2007. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138(1-3): 131-138.
- RESH, V.H. & UNZICKER, J.D. 1975. Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identification. *Journal Water Pollution Control Federation*, 47(1): 9-19.
- RIGHI, G. 1999. Anelídeos oligoquetos. Pp. 81-84. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). *Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce*. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- ROCHA, O. 2002. Perfil do conhecimento de biodiversidade em águas doces no Brasil. pp. 165-169. In: T.M. Lewinsohn & P.I. Prado, (eds.). *Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento*. Editora Contexto, São Paulo. 176p.
- ROSENBERG, D.M. & RESH, V. H. (ed.). 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall.
- SAHUL HAMEED, A.S.; XAVIER CHARLES, M. & ANILKUMAR, M. 2000. Tolerance of *Macrobrachium rosenbergii* to white spot syndrome vírus. *Aquaculture*, 183: 207-213.

- SAHA, S. & BARROW, C.J. 1981. River asin planing. John Wiley & Sons Ltd.
- SCÄFFER, A. & LANZER, R. 2005. Biomonitoramento informatizado da qualidade de águas correntes na Serra Gaúcha, RS, Brasil. Biomonitoramento informatizado: uma ferramenta para gestão de informações tecnológicas sobre o recurso hídrico. X Congresso Brasileiro de Limnologia. Ilhéus (BA), 24-29 julho de 2005.
- SCHMIDT-KLOIBER, A. & NIJBOER, R.C. 2004. The effect of taxonomic resolution on the assessment of ecological water quality classes. *Hydrobiologia*, 516: 269–283.
- SCHMIDT-KLOIBER, A.; GRAF, W.; LORENZ, A. & MOOG, O. 2006 The AQEM/STAR taxalist – a pan-European macro-invertebrate ecological database and taxa inventory. *Hydrobiologia*, 566: 325-342.
- SILVA, J.S.V.; FERNANDES, F.C.; SOUZA, R.C.C.L.; LARSEN, K.T.S. & DANELON, O.M. 2004. Água de lastro e bioinvasão. Pp 1-10. In: J.S.V. Silva & R.C.C.L. Souza (eds.). Água de Lastro e Bioinvasão, Rio de Janeiro, Interciência.
- SIMONE, L. 2006. *Land e freshwater mollusk of Brazil*. Fapesp: Editora Bernardi. 390p.
- STATZNER, B.; BONADA, N. & DOLÉDEC, S. 2007. Conservation of taxonomic and biological trait diversity of European stream macroinvertebrate communities: a case for a collective public database. *Biodiversity and Conservation in Europe*, 7: 367-390.
- SYMES, K.L.; ARMITAGE, P.D. & CANNAN, C.E. 1998. Application of the relational database approach to a nested study of biological and physical data from a lowland river. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13(2): 185-198.
- UNEP (United Nations Environmental Programme). 1994. *Convention on Biological Diversity: Text and Annexes*. Genebra.
- USSEGLIO-POLATERA, P.; BOURNAUD, M.; RICHOUX, P. & TACHET H. 2000. Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to use species trait databases? *Hydrobiologia*, 422/423: 153–162.
- YOSHIDA, C.F.T.; CHAMAS, C.I. & DOS SANTOS TEPEDINO, J.L. 2005. Coleções biológicas: gestão, planejamento e propriedade industrial. I Simpósio Nacional de Coleções Científicas. Evento comemorativo dos 105 anos do Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 11-12 maio 2005.
- VINCEVIÈIENE, V. & PAMAKŠTYS, D. 2001. The Concept of Environmental Management Information Systems Development for the Transboundary River Management in the Eastern Baltic Region (Case of the Venta and the Lielupe River Basins). *Environmental Research, Engineering and Management*, 2(16): 56-68.
- VERDONSCHOT, P.F.M.; WANG, H.; PINDER A. & NIJBOER, R. (eds). 2006. Aquatic Oligochaete Biology IX of the whole Class Oligochaeta? In the European Water Framework Directive (WFD: European Commission, 2000), a European need and approach Beyond masses and blooms: the indicative value of oligochaetes. *Hydrobiologia*, 564: 127–142.
- WIKIPEDIA. 2007a. Banco de dados. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Banco_de_dados#searchInput Acesso em: 20 jan. 2008.
- WIKIPEDIA. 2007b. Sistema de gerenciamento de banco de dados. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_gerenciamento_de_banco_de_dados Acesso em: 20 jan. 2008.
- WIKIPEDIA. 2007c. Metadados. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Metadados> Acesso em: 20 jan. 2008.
- ZAITUNE PAMPLIN P.A. 2006. Bárbaras invasões biológicas. Disponível em: http://www.fapepi.pi.gov.br/novafapepi/ciencia/documentos/Barbaras_Invasoes_Biologicas.PDF Acesso em: 12 dez. 2007.

Submetido em 16/03/2008.

Aceito em 12/07/2008.