

---

# Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil

ANGELO A. AGOSTINHO\*  
SIDINEI M. THOMAZ  
LUIZ C. GOMES

Departamento de Biologia. Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupelia). Universidade Estadual de Maringá. Avenida Colombo, 5790 - Maringá, 87020-900, Paraná, Brasil.

\* e-mail: agostinhoaa@nupelia.uem.br

## RESUMO

Em termos de biodiversidade, as águas continentais brasileiras apresentam enorme significado global para Algae (25% das espécies do mundo), Porifera (Demospongiae, 33%), Rotifera (25%), Cladocera (Branchiopoda, 20%) e peixes (21%). Espécies ameaçadas de águas continentais incluem 44 invertebrados (principalmente Porifera) e 134 peixes (principalmente Cyprinodontiformes, Rivulidae), distribuídos principalmente no Sul e Sudeste do Brasil. As razões para o declínio da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros incluem poluição e eutrofização, assoreamento, construção de represas e controle do regime de cheias, pesca e introduções de espécies. Esses problemas são mais conspícuos nas regiões mais desenvolvidas do país. A maioria das áreas protegidas no país foi criada visando a proteção da flora e fauna terrestres, mas elas também protegem corpos aquáticos e áreas alagáveis representativos. Apesar de serem pouco conhecidas, essas áreas são muito importantes para a conservação da biodiversidade. Assim, um grande e urgente desafio é o levantamento da biodiversidade aquática em áreas protegidas e a realização de levantamentos para um melhor entendimento da diversidade e da distribuição geográfica das espécies nos ecossistemas aquáticos brasileiros. O conceito de “espécies guarda-chuva” (p. ex., certas espécies de peixes migradores) seria extremamente útil na proteção da biodiversidade e dos habitats aquáticos. A proteção e o aprimoramento de técnicas de manejo de corredores fluviais e planícies de inundação associadas, bem como a manutenção de sua integridade hidrológica são fundamentais para preservar a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros.

## ABSTRACT

*In terms of their biodiversity, Brazilian inland waters are of enormous global significance for Algae (25% of the world's species), Porifera (Demospongiae, 33%), Rotifera (25%), Cladocera (Branchiopoda, 20%), and fishes (21%). Threatened freshwater species include 44 species of invertebrates (the majority Porifera) and 134 fishes (mostly Cyprinodontiformes, Rivulidae), primarily distributed in south and southeastern Brazil. Reasons for the declines in biodiversity in Brazilian inland waters include pollution and eutrophication, siltation, impoundments and flood control, fisheries, and species introductions. These problems are more conspicuous in the more-developed regions. The majority of protected areas*

in Brazil have been created for terrestrial fauna and flora, but they also protect significant water bodies and wetlands. As a result, although very poorly documented, these areas are of great importance for aquatic species. A major and pressing challenge is the assessment of the freshwater biodiversity in protected areas and surveys to better understand the diversity and geography of freshwater species in Brazil. The concept of umbrella species (for example, certain migratory fish) would be beneficial for the protection of aquatic biodiversity and habitats. The conservation and improved management of river corridors and associated floodplains and the maintenance of their hydrological integrity is fundamental to preserving Brazil's freshwater biodiversity and the health of its aquatic resources.

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a biodiversidade no Brasil tem crescido acentuadamente nas últimas duas décadas, acompanhada pela proliferação de organizações conservacionistas não governamentais e pela legislação ambiental. Além disso, agências governamentais relevantes consolidaram-se e expandiram-se, levando à criação do Ministério do Meio Ambiente. Várias áreas protegidas foram criadas desde o início dos anos 80 e a mídia tem dado atenção crescente para a conservação da vida silvestre.

Aproximadamente 14% das espécies do mundo são encontradas no Brasil (Lewinsohn & Prado, 2002). Essa extraordinária biodiversidade ainda é, no entanto, pobremente conhecida. Para examinar essa afirmação, realizamos uma inspeção da literatura sobre os artigos científicos publicados entre 1990 e 12 de dezembro de 2004 na *website* do Institute for Scientific Information (Thomson Corporation, 2005) com as palavras “*Brazil and biodiversity*”. Como resultado, foram encontrados apenas 217 trabalhos, um pequeno número que parece ser típico de regiões neotropicais, exceto para aqueles países que possuem grandes instituições de pesquisa internacionais voltadas para estudos da biodiversidade, como a Costa Rica e o Panamá.

Dentre os 217 trabalhos encontrados para o Brasil, 69% referiam-se especificamente a ecossistemas terrestres e apenas 11% a ecossistemas de águas interiores. O restante é relacionado a ambientes marinhos ou biomas menores. Assim como ocorre com a biodiversidade terrestre, os estudos com ecossistemas aquáticos são fortemente direcionados para organismos de maior porte, mais apelativos. Neste sentido não foi surpresa observar que os peixes têm recebido a maior atenção.

Neste trabalho examinamos estimativas da riqueza de espécies nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros – lagos, lagoas, reservatórios, riachos, rios

e áreas alagáveis associadas – e listamos as espécies ameaçadas. Também discutimos os principais perigos para a biodiversidade aquática e algumas estratégias para sua conservação.

## DIVERSIDADE DE ESPÉCIES

O número de espécies nos ecossistemas aquáticos continentais brasileiros ainda é impreciso e difícil de ser estimado. Entre as dificuldades destacam-se o número de bacias hidrográficas jamais inventariadas; a insuficiência no número de pesquisadores e na infra-estrutura necessária para amostragens; o reduzido número de inventários efetuados; a dispersão das informações que freqüentemente são de difícil acesso e a necessidade de revisão taxonômica para vários grupos. A despeito dessas considerações, os resultados apresentados na Tabela 1, embora certamente subestimados, demonstram alguns padrões interessantes. Por exemplo, as águas continentais brasileiras são extraordinariamente ricas para alguns grupos como algas (25% das espécies do mundo), Porifera (Demospongiae, 33%), Annelida (12%), Rotifera (25%), Cladocera (Branchiopoda, 20%) e Decapoda de água doce (10%). Revisões recentes de parasitas de organismos aquáticos, especialmente peixes, têm revelado uma grande diversidade (650 espécies) e este número considera apenas os platelmintos (Monogenea, Digenea e Cestoda), acantocéfalos e nematóides (Takemoto *et al.*, 2004 e referências por ele citadas).

O Brasil também lidera o número de peixes de água doce, possuindo 2.122 espécies catalogadas (cerca de 21% das espécies do mundo; Buckup & Menezes, 2003). Bacias hidrográficas isoladas podem apresentar elevado endemismo; por exemplo, 60% das 75 espécies de peixes do rio Iguaçu são endêmicas. Provavelmente 30 a 40% da fauna de peixes neotropicais de águas

interiores ainda não foram descritas e, assim, um número mais realista para as águas brasileiras pode ser de 5.000 espécies (Reis *et al.*, 2003). Schaefer (1998) afirma, baseado em tendências históricas de descrição de espécies, que esse número pode ser de 8.000. O número estimado apenas para a região amazônica é de 2.000 espécies (Winemiller *et al.*, 2005). Aproximadamente 400 novas espécies de peixes são descritas a cada década em águas continentais e Vari & Malabarba (1998) consideram um eventual aumento de 50% na riqueza de peixes do mundo (aproximadamente 33.000 espécies). Os peixes neotropicais (8.000 espécies) contribuiriam com 24% desse total. Os peixes neotropicais representam 13% da biodiversidade total de vertebrados, embora ocorram em menos de 0,003% (por volume) dos ecossistemas aquáticos do mundo. Além disso, há 732 espécies de anfíbios no Brasil (aproximadamente 13% das espécies descritas no mundo), a maioria das quais com um estágio obrigatório de sua vida em ambientes aquáticos continentais (IUCN *et al.*, 2004).

## NÚMERO E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS

A lista de espécies ameaçadas da fauna brasileira apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente (Instrução Normativa 3, de 27 de maio de 2003 e Instrução Normativa 5, de 21 de Maio de 2004) inclui 44 invertebrados, 134 peixes e 16 anfíbios (Tabela 2). Dentre os invertebrados, a maioria das espécies criticamente ameaçadas pertence aos Porifera: *Corvoheteromeyenia* e *Rackiella*, no estado do Rio Grande do Sul e *Corvospongilla* no estado da Paraíba (todos Spongillidae).

Conforme demonstrado na Tabela 2, 33 espécies de peixes (Osteichthyes) encontram-se criticamente ameaçadas. A maioria delas é Cyprinodontiformes, pertencente à família Rivulidae e gêneros *Leptolebias* (seis espécies nos estados da Bahia e Rio de Janeiro) e *Austrolebias* (três espécies no Paraná e Rio Grande do Sul). Espécies de Characiformes criticamente ameaçadas incluem membros dos gêneros *Brycon* (Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro), *Hasemania* (Paraná), *Henochilus* (Minas Gerais) e *Hyphessobrycon* (três espécies em Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). Gêneros de Siluriformes incluem *Steindachneridion* (três espécies em Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro), *Pogonopoma*, *Delturus* (ambos em Minas Gerais e Rio de Janeiro) e *Harttia* (Rio de Janeiro). Os Perciformes são dos gêneros *Crenicichla* e *Teleocichla*, ambos no Pará.

Todos os estados brasileiros têm pelo menos uma espécie de invertebrado aquático ameaçada, sendo a

maioria encontrada nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo. Quando analisadas por região, as diferenças no número de espécies de invertebrados listadas são marcantes: 25 no Sul, 23 no Sudeste, 10 no Nordeste, 8 no Norte e 9 no Centro-Oeste. Para os peixes, por outro lado, apenas 14 estados têm espécies listadas e a maioria é encontrada no Sudeste e Sul, especificamente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul. Isto pode ser o resultado de vários fatores: (1) o Sudeste e Sul são as regiões mais desenvolvidas do país e, em decorrência disso, os ecossistemas aquáticos têm sofrido os maiores impactos; (2) a maioria dos cientistas que estudam organismos aquáticos encontra-se nessas regiões e, como resultado, os registros de espécies ameaçadas também é maior e (3) há muitas espécies endêmicas de distribuição restrita nessas regiões.

A sobrepesca, ou a pesca próxima disso, tem ameaçado as populações de várias espécies de peixes, o que levou a considerá-las como ameaçadas de sobre-exploração. Entre estas se destacam o tambaqui (*Colossoma macropomum* [Characidae]) e os e jaraquis (*Semaprochilodus* spp. [Prochilodontidae]) da bacia Amazônica e pimelodídeos migradores como a piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii* [Amazônia]), piraíba (*B. filamentosum* [Amazônia]) e jaú (*Zungaro zungaro* [de ampla distribuição]).

## AS PRINCIPAIS AMEAÇAS PRESENTES E FUTURAS

As principais causas da perda direta da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros são poluição e eutrofização, assoreamento, construção de barragens e controle de cheias, pesca e introdução de espécies. As ameaças aos ecossistemas aquáticos variam consideravelmente em número e importância de acordo com as diferentes regiões do Brasil, a densidade populacional humana, os usos do solo e as características socioeconômicas predominantes. Tundisi (2003) discute as principais ameaças para a biodiversidade aquática, por região: (1) tratamento inadequado da água (especialmente no norte); (2) grandes áreas urbanas, indústrias e agricultura (Sudeste); (3) agricultura, indústrias, irrigação e aquíicultura (Sul); (4) escassez de água (Nordeste) e (5) desmatamento, construção de canais e hidrovias, pesca predatória e pecuária intensiva (Centro-Oeste, incluindo o Pantanal). A essa lista, adicionamos a construção de barragens e tratamento inadequado de esgotos (menos de 30% do esgoto é tratado) em todas as regiões do Brasil.

**TABELA 1** – Número estimado de espécies em águas continentais do Brasil e do mundo.

TÁXONS	BRASIL	MUNDO	REFERÊNCIAS
Macrófitas	500–600 <sup>a</sup>	?	Irgang & Gastal (1996); Pott & Pott (2003)
Algas	10.000	37.700	Rocha (2002); Hammond (1992)
Protozoa	186 <sup>b</sup>	?	Lansac-Tôha <i>et al.</i> (2001 e referências citadas)
Porifera (Desmospongiae)	44	149	Volkmer-Ribeiro (1999)
Cnidaria (Hydrozoa)	7	27	Silveira & Schlenz (1999)
Platyhelminthes			
Turbelaria	92	4.500	Fornieris (1999)
Monogenea	253	?	Kohn & Paiva (2000 e referências citadas)
Digenea	80	6.000	Thatcher (1993)
Cestoda	96	>1.000	Rego (2000)
Acanthocephala	128	500	Amin (2000)
Nematoda	93	?	Moravec (1998)
Nemertinea	2	13	Fornieris (1999)
Gastrotricha	63	250	Fornieris (1999)
Nematomorpha	10	230	Fornieris (1999)
Bryozoa	10	50	Fornieris (1999)
Tardigrada	61	700	Assunção (1999)
Annelida			
Oligochaeta	70	600	Steiner & Amaral (1999)
Polychaeta	4	40	Righi (1999)
Mollusca			
Bivalvia	115	?	Avelar (1999)
Gastropoda	193	5.000	Simone (1999)
Rotifera	467	2.000	Oliveira-Neto & Moreno (1999)
Arthropoda			
Acari	332	14.000	Fornieris (1999)
Crustacea			
Copepoda	76 <sup>c</sup> –65 <sup>d</sup>	1.550	Matsumura-Tundisi & Silva (1999)
Cladocera	112	602	Rocha (1999)
Syncarida	10	160	Fornieris (1999)
Decapoda	116	1.000	Magalhães (1999)
Insecta			
Ephemeroptera	166	2.000	Salles <i>et al.</i> (2004)
Chironomidae	208	20.000	Mendes (2004)
Odonata	661	5.300	Paulson (2004)
Plecoptera	110	2.000	Froehlich (1999)
Trichoptera	378	?	Paprocki <i>et al.</i> (2004)
Megaloptera	16	300	Froehlich (1999)
Pisces	2.122	10,000	Buckup & Menezes (2003)
Amphibia	732	5.743	IUCN <i>et al.</i> (2004)

<sup>a</sup> Dados obtidos apenas no Sul + Pantanal.

<sup>b</sup> Testate amoebae, apenas.

<sup>c</sup> Espécies planctônicas.

<sup>d</sup> Espécies não planctônicas.

Uma preocupação especial é a de que a prosperidade econômica regional não implica necessariamente no aumento de investimentos para melhoria da qualidade da água e na conservação dos recursos aquáticos naturais (Martinelli *et al.*, 2002). As maiores ameaças à biodiversidade aquática estão nas regiões mais de-

envolvidas. A seguir discutiremos algumas situações que ilustram a perda da biodiversidade aquática associada ou diretamente ligada a essas ameaças.

Perdas de espécies e/ou alterações da estrutura de comunidades têm sido associadas com poluição e eutrofização de riachos e rios (Marques & Barbosa, 2001;

**TABELA 2** – Número de espécies ameaçadas em águas continentais brasileiras reconhecidas pelo Ministério de Meio Ambiente e de acordo com as categorias preconizadas pela União Mundial para a Natureza (IUCN, 2001).

TÁXONS	VULNERÁVEL	EM PERIGO	CRITICAMENTE EM PERIGO	TOTAL
Porifera	2	6	3	11
Gastropoda	1			1
Bivalvia	12	13	1	26
Crustacea	6			6
Osteichthyes	69	32	33	134
Cyprinodontiformes	25	16	14	55
Characiformes	19	9	9	37
Siluriformes	22	6	7	35
Perciformes	1	1	3	5
Gymnotiformes	2			2
Amphibia	4	3	8	16*

\* incluindo *Phrynomedusa fimbriata* Miranda-Ribeiro, 1923, considerada extinta.

Martinelli *et al.*, 2002), reservatórios (Pinto Coelho, 1998; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2003), lagoas (Esteves *et al.* 2002) e lagos (Barbosa *et al.* 1993), especialmente em regiões com altas densidades populacionais humanas, tais como São Paulo (Martinelli *et al.* 2002). Um acentuado decréscimo da biodiversidade por essas razões tem sido documentado até mesmo na Amazônia, nas imediações de Manaus (Cleto Filho, 2003).

O assoreamento é problema em um grande número de bacias hidrográficas brasileiras e vem ampliando-se pela expansão das fronteiras agrícolas. Efeitos sobre a biodiversidade têm sido documentados no Pantanal (Mourão *et al.*, 2002) e, para macroinvertebrados, em riachos do Cerrado (Wantzen, 2003), da Mata Atlântica (Buss *et al.*, 2004) e da Amazônia (Callisto *et al.*, 1998).

Mais de 600 barragens (40.000 km<sup>2</sup>; volume de 6,5 x 10<sup>11</sup>m<sup>3</sup>) foram construídas no Brasil, principalmente para produzir eletricidade (A. Agostinho, dados não publicados). Barragens, que interrompem os movimentos de peixes potamódromos, são possivelmente o principal fator que afeta a abundância de espécies migradoras (reprodução e fragmentação de habitats). A biodiversidade de planícies de inundação a jusante das barragens é também afetada pelo controle do regime de cheias através da redução das áreas de planície alagada, retenção de nutrientes e alteração nos habitats proporcionada pela erosão (Agostinho *et al.*, 2004b). A montante das barragens, os impactos dependem das características do reservatório (localização, morfome-

tria, hidrologia), desenho da barragem, procedimentos operacionais, descarga, tipos de solo e interação com outras barragens. Em geral, extinções locais e alterações abruptas da estrutura das comunidades ocorrem como resultado de mudanças no tempo de retenção e qualidade da água. Os novos projetos de barragens, que deverão piorar a já precária situação da biodiversidade aquática, estão concentrados na bacia amazônica e em riachos menores espalhados por todo território brasileiro. Os maiores rios fora da Amazônia têm suas possibilidades de aproveitamento hidrelétrico virtualmente esgotadas.

Introduções de espécies resultam em grandes impactos sobre a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos. Introduções de peixes, tanto de espécies nativas como exóticas, são comuns no Brasil e resultam da irresponsabilidade de parte do pessoal envolvido com a pesca recreativa, estocagem e aquíicultura. Levantamentos realizados na bacia do rio Paraná (51 locais; 2.100 amostragens) revelaram que piscívoros da Amazônia são os que alcançam maior sucesso nessas introduções. As introduções de espécies de peixes também alcançam maior sucesso em corpos de água com elevado grau de endemismo e naqueles regulados por barragens (A. Agostinho *et al.*, dados não publicados). No sistema de lagos naturais do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, a riqueza de espécies de peixes declinou em todos aqueles nos quais houve introduções, nos últimos 50 anos (Godinho, 1996).

Invasões por invertebrados bentônicos têm também causado sérias conseqüências. Dois bivalves invadiram

as águas brasileiras nas últimas duas décadas – o berbigão-de-água-doce (*Corbicula fluminea*) e o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) (Darrigran & Drago, 2000; Takeda *et al.*, 2004). *C. fluminea* já foi registrado até mesmo na Amazônia (Beasley *et al.*, 2003) e no Pantanal (Callil & Mansur, 2002). O rio Paraná tem sofrido declínios nas populações de várias espécies nativas de bivalves simultaneamente ao aumento das densidades de *C. fluminea* (Takeda *et al.*, 2004).

Duas gramíneas introduzidas (*Panicum repens* L. e *Brachiaria subquadripata* [Trin.] Hitchc.) invadiram o Pantanal (Pott & Pott, 2003) e reservatórios da bacia do rio Paraná, dominando espécies nativas. Considerando-se o importante papel das macrófitas aquáticas para a manutenção das comunidades de peixes e invertebrados aquáticos, essas introduções podem ter sérias conseqüências para as comunidades aquáticas dessas áreas.

## INICIATIVAS DE CONSERVAÇÃO E PESQUISA

A conservação da fauna e flora terrestres tem sido a principal razão para o estabelecimento da maioria das áreas protegidas nas últimas três décadas. No Brasil, muitas dessas áreas também protegem corpos d'água e importantes áreas alagáveis, porém suas faunas terrestres e aquáticas têm sido pouco estudadas, ou mesmo inventariadas. Dados recentes mostram que apenas 5% das áreas protegidas dos trópicos foram inventariadas para um ou mais grupos de organismos (Hawksworth, 1995).

Áreas protegidas nas quais os organismos aquáticos têm sido intensamente inventariados demonstram a importância desse esforço para a conservação da biodiversidade. Em levantamentos realizados em menos de 10% da área de proteção ambiental da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (526.000km<sup>2</sup>; 0,4% do bioma Mata Atlântica), por exemplo, foram encontrados 50% das espécies de peixes e 6% dos anfíbios registrados para todo o bioma (Agostinho *et al.*, 2004b) e 58% dos anelídeos (Takeda *et al.*, 2004), 50% dos rotíferos, 49% dos cladóceros, 40% das tecamebas (Lansac-Tôha *et al.*, 2004), e 8% das algas (Train & Rodrigues, 2004) registrados para o Brasil. Estes dados revelam a elevada riqueza de espécies da bacia do rio Paraná ou, mais provavelmente, a falta de levantamentos equivalentes nas demais áreas do Brasil. Desta maneira, o conhecimento da biodiversidade de água doce nas unidades de conservação brasileiras e o entendimento da distribuição dessa biodiversidade são desafios prioritários para a próxima década.

O manejo dos recursos aquáticos, em especial peixes, é geralmente oportunista e baseado em informações técnicas e científicas inapropriadas (exceções notáveis incluem algumas iniciativas isoladas na Amazônia; Ruffino, 2004). Historicamente, as ações de manejo incluem o controle da pesca, estocagem e construção de escadas para transposição de peixes (escadas de peixes) (Agostinho *et al.*, 2004a). O controle da pesca procura regular a captura de peixes jovens (comprimento mínimo de captura e tamanho mínimo de malha) e proteger locais de desova durante o período reprodutivo. Porém, essas medidas são comprometidas pela falta de informações sobre as populações de peixes, de recursos financeiros e pelo limitado poder de fiscalização.

As razões para as estocagens jamais foram claras (tais como remediar a sobrepesca ou promover melhorias na qualidade genética). Em geral, os esforços de estocagem são “decorativos”, visam ganho eleitoral – tiram proveito, por exemplo, das aspirações recreativas de comunidades locais ou seguem uma prescrição equivocada de reparação de danos ambientais (formação de reservatórios ou poluição ocasional). Não existem no Brasil estocagens sistemáticas, baseadas em informações científicas e procedimentos básicos como a avaliação dos riscos e estimativas da capacidade de suporte são ignorados. Na maioria das vezes em que as introduções ou transferências foram feitas, os peixes liberados jamais foram posteriormente recapturados (Agostinho *et al.*, 2004a). Frequentemente, espécies inadequadas são estocadas em número, idade e tamanho incorretos. Além disso, os locais e a estação do ano de liberação são também equivocados. Como resultado, a maioria das tentativas falham.

Escadas de peixes também resultaram em insucesso pois elas apresentam elevada seletividade e os movimentos são essencialmente unidirecionais. Na bacia do rio Paraná, algumas escadas permitem que os peixes entrem em um reservatório, onde não existem locais adequados para a reprodução ou áreas de crescimento, quando os peixes seriam capazes de reproduzir em tributários abaixo da barragem (Agostinho *et al.*, 2002). Desta maneira, ao invés de contribuir para a manutenção das populações locais, algumas escadas de peixes estão contribuindo para a extinção de espécies migradoras, para a proteção das quais elas foram construídas.

O monitoramento dos resultados ou da eficácia das ações de manejo é geralmente inadequado, ausente ou conduzido por um curto período de tempo. Conseqüentemente, numerosas técnicas de manejo inapropriadas continuaram sendo empregadas durante muito tempo.

Mesmo atualmente, projetos, estratégias e ações para a “melhoria” dos recursos naturais são baseados em crenças e impressões (isto é particularmente verdadeiro para três décadas de programas de estocagem e construção de escadas de peixes). Um exemplo perfeito é a recente iniciativa do Governo Federal no fomento do desenvolvimento da aquíicultura em águas públicas (com tanques redes) que, certamente, resultará na introdução de espécies exóticas, dispersão de doenças e eutrofização, esta última geralmente acompanhada por altas densidades de algas, inclusive tóxicas.

Algumas lições importantes foram aprendidas com as falhas no manejo de recursos aquáticos no Brasil. Primeiro, o manejo da pesca tem que dar igual prioridade para a produção de peixes e a manutenção da biodiversidade. Segundo, as ações de manejo devem enfatizar a integridade de habitats, principalmente nas áreas críticas para o ciclo de vida das espécies existentes na bacia, e a manutenção ou regulação apropriada do regime de cheias. Terceiro, todas as ações de manejo devem ser acompanhadas do subsequente monitoramento. Finalmente, a legislação e o controle da pesca requerem comunicação eficiente, realismo e clareza na definição de objetivos, bem como um amplo envolvimento das organizações de pescadores. O público e as partes interessadas devem ser alertados para o fato que a pesca é, também, indicadora de mudanças ambientais e, portanto, desempenha um papel vital na conservação (Agostinho & Gomes, 2002).

Programas para a conservação da biodiversidade de água doce do Brasil deveriam considerar o conceito de espécies guarda-chuva, nunca aplicado em ecossistemas aquáticos. Apesar da maioria das espécies guarda-chuva serem grandes mamíferos ou aves (Roberge & Angelstam, 2004), candidatos da água doce incluem alguns peixes migradores, que são altamente dependentes da integridade de amplas áreas de uma bacia (cabeceiras, canais principais e planícies de inundação associadas). A pirarara (*Brachyplatystoma vaillantii*) e o dourado (*Salminus maxillosus*) são bons candidatos devido à popularidade em todos os tipos de pesca. A conservação de determinados trechos de rios principais e suas planícies de inundação (com base no conceito de corredores aquáticos e no entendimento do ciclo de vida de espécies chave, especialmente peixes), bem como a manutenção da integridade hidrológica da região, são fundamentais para a preservação da biodiversidade de águas interiores do Brasil e a consequente manutenção de seus recursos aquáticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho, A.A. & L.C. Gomes. 2002. Biodiversity and fishery management in the Paraná River basin: successes and failures. Blue Millenium–World Fisheries Trust CRDI-UNEP. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil. Disponível em <http://www.unep.org/bpsp/Fisheries/Fisheries%20Case%20Studies/AGOSTINHO.pdf> (acessado em 22 de novembro de 2004).
- Agostinho, A.A., L.C. Gomes, D.R. Fernandes & H.I. Suzuki. 2002. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. *River Research and Applications* 18: 299-306.
- Agostinho, A.A., L.C. Gomes & J.D. Latini. 2004a. Fisheries management in Brazilian reservoirs: lessons from/for South America. *Interciencia* 29: 334-338.
- Agostinho, A.A., S.M. Thomaz & L.C. Gomes. 2004b. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecology and Hydrobiology* 4: 255-268.
- Amin, O.M. 2000. Acanthocephala in the neotropical region. In: G. Salgado-Maldonado, A.N.G. Aldrete & V.M. Vidal-Martínez (eds.). *Metazoan parasites in the tropics: a systematic and ecological perspective*. pp. 167-174. Universidad Nacional Autonoma (UNAM), Mexico.
- Assunção, C.M.L. 1999. Tardígrados. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). *Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce*. pp. 59-64. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Avelar, W.E.P. 1999. Moluscos bivalves. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). *Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce*. pp. 65-68. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Barbosa, F.A.R., A.B. Rylands & S.J. Oliveira. 1993. Drastic decrease in algal diversity caused by human impact on an urban lake in south-east Brazil. *Verhandlung Internationale Vereinigung für Limnologie, Stuttgart* 25: 939-941.
- Beasley, C.R., C.H. Tagliano & W.B. Figueiredo. 2003. The occurrence of the Asian clam *Corbicula fluminea* in the lower Amazon basin. *Acta Amazonica* 33: 317-324.
- Buckup, P.A. & N.A. Menezes (eds.). 2003. *Catálogo dos peixes marinhos e de água doce do Brasil*, 2ª ed. Disponível em <http://www.mnrj.uffj.br/catalogo/> (acessado em 14 de novembro de 2004).
- Buss, D.F., D.F. Baptista, J.L. Nessimian & M. Egler. 2004. Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia* 518: 179-188.
- Callil, C.T. & M.C.D. Mansur. 2002. Corbiculidae in the Pantanal: history of invasion in southeast and central South America and biometrical data. *Amazoniana* 17: 153-167.
- Callisto M., F.A. Esteves, J.F. Gonçalves & J.J.L. Fonseca. 1998. Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers ('igarapés') in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. *Amazoniana* 15: 1-9.
- Cleto Filho, S.E.N. 2003. Urbanização, poluição e biodiversidade na Amazônia. *Ciência Hoje* 33: 72-75.

- Darrigran, G. & I.E. Drago. 2000. Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *Nautilus* 114: 69-73.
- Esteves, F.A., F.R. Scarano & A.L.S. Furtado. 2002. Restingas e lagoas costeiras do norte fluminense. In: U. Seeliger, C. Cordazzo & F.A.R. Barbosa (eds.). Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. pp. 83-100. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil.
- Fornieris, L. 1999. Platyelminthes turbelários (pp. 17-23), nemertinos (pp. 25-28), gastrotricos (pp. 29-33), nematomorfos (pp. 35-38), briozoários (pp. 53-57), ácaros (pp. 85-90), crustáceos sincarídeos (pp. 121-126). 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.
- Froehlich, C.G. 1999. Insetos plecópodos (pp. 157-160), outros insetos (pp. 161-168). 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.
- Godinho, A.L. 1996. Peixes do Parque Estadual do Rio Doce. Instituto Estadual de Florestas e Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- Hammond, P.M. 1992. Species inventory. In: B. Groombridge (ed.). Global biodiversity: status of the Earth's living resources. pp. 17-39. Chapman and Hall, Londres.
- Hawksworth, D.L. 1995. The resource base for biodiversity assessments. In: V.H. Heywood & R.T. Watson (eds.). Global biodiversity assessment. pp. 549-605. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Irgang, B.E. & C.V.S. Gastal Jr. 1996. Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS. Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil.
- IUCN (World Conservation Union). 2001. IUCN red list categories and criteria. Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. IUCN, Gland, Suíça and Cambridge, Reino Unido. Disponível em <http://www.iucn.org/themes/ssc/redlists/english.pdf> (acessado em janeiro de 2005).
- IUCN (World Conservation Union), Conservation International & NatureServe. 2004. Global amphibian assessment. Disponível em <http://www.globalamphibians.org> (acessado em 15 de outubro de 2004).
- Kohn, A. & M.P. Paiva. 2000. Fishes parasitized by Monogenea in South America. In: G. Salgado-Maldonado, A.N.G. Aldrete & V.M. Vidal-Martínez (eds.). Metazoan parasites in the tropics: a systematic and ecological perspective. pp. 25-60. Universidad Nacional Autónoma (UNAM), Mexico.
- Lansac-Tôha, F.A., C.C. Bonecker & L.F.M. Velho. 2004. Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. In: S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn (eds.). The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. pp. 145-190. Backhuys, Leiden, Holanda.
- Lansac-Tôha, F.A., L.F.M. Velho, E.M. Takahashi, A.S.M. Aoagui & C.C. Bonecker. 2001. On the occurrence of testate amoebae (Protozoa, Rhizopoda) in Brazilian inland waters. V. Families Hyalospheniidae, Plagiopyxidae, Microcoryciidae, Criptodiffugiidae, Phrynganelidae, Euglyphidae, Trinematiidae and Cyphodeiidae. *Acta Scientiarum* 23: 333-347.
- Lewinsohn, T.M. & P.I. Prado. 2002. Biodiversity of Brazil: a synthesis of the current state of knowledge. In: T.M. Lewinsohn & P.I. Prado (eds.). Biodiversidade brasileira: síntese do estado do conhecimento atual. pp. 139-144. Contexto Acadêmica, São Paulo.
- Magalhães, C. 1999. Crustáceos decápodos. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 125-133. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Marques, M.M. & F.A.R. Barbosa. 2001. Biological quality of waters from an impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, Southeast Brazil) using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. *Hydrobiologia* 457: 69-76.
- Martinelli, L.A., A.M. da Silva, P.B. de Camargo, L.R. Moretti, A.C. Tomazelli, D.M.L. da Silva, E.G. Fischer, K.C. Sonoda & M.S.M.B. Salomão. 2002. Levantamento das cargas orgânicas lançadas nos rios do estado de São Paulo. *Biota Neotropica* 2: 1-18.
- Matsumura-Tundisi, T. & W.M. da Silva. 1999. Crustáceos copépodos planctônicos. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 91-106. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Mendes, H.F. 2004. The Chironomidae from Brazil. Disponível em <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Laboratorio/chironomidae/ListaChironomidaeBrasil> (acessado em 9 de Novembro de 2004).
- Moravec, F. 1998. Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical region. Academia, Praha, República Tcheca.
- Mourão, G., M.D. Oliveira, D.F. Calheiros, C.R. Padovani, E.J. Marques & M. Uetanabaro. 2002. O Pantanal Mato-grossense. In: U. Seeliger, C. Cordazzo & F.A.R. Barbosa (eds.). Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. pp. 29-49. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil.
- Oliveira-Neto, A.L. de & I. de H. Moreno. 1999. Rotíferos. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha, (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 39-52. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Paprocki, H., R.W. Holzenthal & R.J. Blahnik. 2004. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil I. *Biota Neotropica* 4: 1-22.
- Paulson, D.R. 2004. List of Odonata of South America by country. Disponível em <http://www.ups.edu/biology/museum/ODofSA.html> (acessado em 9 de novembro de 2004).
- Pinto Coelho, R.M. 1998. Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology* 40: 159-173.
- Pott, V.J. & A. Pott. 2003. Dinâmica da vegetação aquática do Pantanal. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini (eds.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. pp. 145-162. EDUEM, Maringá, Brasil.
- Rego, A.A. 2000. Cestodes parasites of neotropical teleost freshwater fishes. In: G. Salgado Maldonado, A.N.G. Aldrete

- & V.M. VidalMartínez (eds.). Metazoan parasites in the tropics: a systematic and ecological perspective. pp. 135-154. Universidad Nacional Autónoma (UNAM), Mexico.
- Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferrari Jr. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. EDPUCRS, Porto Alegre, Brasil.
- Righi, G. 1999. Anelídeos oligoquetos. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 81-84. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Roberge, J.M. & P. Angelstam. 2004. Usefulness of the umbrella species concept as a conservation tool. *Conservation Biology* 18: 76-85.
- Rocha, C.E.F. da. 1999. Crustáceo copépodos não planctônicos. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 101-106. 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. In: T.M. Lewinsohn & P.I. Prado (eds.). Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. pp. 165-169. Editora Contexto, São Paulo.
- Ruffino, M.L. (ed.). 2004. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira. Ibama/Provárzea, Manaus, Brasil.
- Salles, F.F., E.R. Silva, M.B. Hubbard & J.E. Serrão. 2004. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. *Biota Neotropica* 4: 1-3.
- Schaefer, S.A. 1998. Conflict and resolution: impact of new taxa on phylogenetic studies of the neotropical cascudinhos (Siluroidei: Loricariidae). In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M.S. Lucena & C.A.S. Lucena (eds.). Phylogeny and classification of Neotropical fishes. pp. 375-400. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.
- Silveira, F.L. & E. Schlenz. 1999. Cnidários. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 11-15. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Steiner, T.M. & C.Z. Amaral. 1999. Anelídeos poliquetos. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 73-79. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Simone, L.R.L. 1999. Moluscos gastrópodos. pp. 69-72. 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.
- Takeda, A.M., D.S. Fujita & H.M. Fontes Jr. 2004. Perspectives on exotic bivalves proliferation in the Upper Paraná River floodplain. In: A.A. Agostinho, L. Rodrigues, L.C. Gomes, S.M. Thomaz & L.E. Miranda (eds.). Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain. pp. 97-100. EDUEM, Maringá, Brasil.
- Takemoto, R.M., M. de los P. Lizama & G.M. Guidelli. 2004. Parasitos de peixes de águas continentais. In: M.J.T. Ranzani-Paiva, R.M. Takemoto & M. de los A.P. Lizama (eds.). Sanidade de organismos aquáticos. pp. 179-197. Editora Varela, São Paulo.
- Thatcher, V.E. 1993. Trematódeos neotropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil.
- Thomson Corporation. 2005. Web of Science. Institute for Scientific Information. Disponível em <http://go5.isiknowledge.com> (acessado em janeiro de 2005).
- Train, S. & L.C. Rodrigues. 2004. Phytoplanktonic assemblages. In: S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn (eds.). The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. pp. 103-124. Backhuys, Leiden, Holanda.
- Tundisi, J.G. 2003. Água no século XXI: enfrentando a escassez. RiMa/IIIE. São Carlos, Brasil.
- Tundisi, J.G. & T. Matsumura-Tundisi. 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia* 500: 231-242.
- Vari, R.P. & L.R. Malabarba. 1998. Neotropical ichthyology: an overview. In: L.R. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, Z.M.S. Lucena & C.A.S. Lucena (eds.). Phylogeny and classification of Neotropical fishes. pp. 1-11. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1999. Esponjas. In: D. Ismael, W.C. Valentini, T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha (eds.). Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: invertebrados de água doce. pp. 1-9. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo.
- Wantzen, K.M. 2003. Cerrado streams—characteristics of a threatened freshwater ecosystem type on the Tertiary Shields of Central South America. *Amazoniana* 17: 481-502.
- Winemiller, K.O., A.A. Agostinho & E.P. Caramaschi. No prelo. Fishes. In: D. Dudgeon & C. Cressa (eds.). Tropical stream ecology. Elsevier Science, Amsterdam.