



# MG.BIOTA

v. 4, n. 1 – Abril/Maio - 2011  
ISSN 1983-3687  
Distribuição Gratuita

**INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - MG**  
DIRETORIA DE BIODIVERSIDADE  
GERÊNCIA DE PROJETOS E PESQUISAS



**Insetos aquáticos das lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais**

**Avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul através do índice "ISMR" adaptado para as comunidades de macroinvertebrados bentônicos tropicais do Brasil**

## MG.BIOTA

Boletim de divulgação científica da Diretoria de Biodiversidade/IEF que publica bimestralmente trabalhos originais de contribuição científica para divulgar o conhecimento da biota mineira e áreas afins. O Boletim tem como política editorial manter a conduta ética em relação a seus colaboradores.

**Equipe**

Danilo Rocha  
Dayanna Fagundes Silva (estagiária)  
Denize Fontes Nogueira  
Eugênia das Graças Oliveira  
Filipe Gusmão da Costa  
Gilberto Nunes de Paiva  
Ismênia Fortunato de Sousa (estagiária)  
Ivan Seixas Barbosa  
Janaína A. Batista Aguiar  
José Medina da Fonseca  
Júnia Maria Louzada  
Maria Margaret de Moura Caldeira (Coordenação)  
Mateus Garcia de Campos  
Priscila Moreira Andrade  
Valéria Mussi Dias (Coordenação)

**Colaboradores deste número**

Cinthia Borges da Costa Milanez  
Mary Lúcia Cândido de Oliveira  
Sérvio Pontes Ribeiro

**PUBLICAÇÃO TÉCNICA INFORMATIVA MG.BIOTA**

**Edição:** Bimestral  
**Tiragem:** 5.000 exemplares  
**Diagramação:** Leonardo P. Pacheco / Imprensa Oficial

**Normalização:** Silvana de Almeida – Biblioteca – SISEMA

**Corpo Editorial e Revisão:**

Denize Fontes Nogueira, Janaína A. Batista Aguiar, Maria Margaret de Moura Caldeira, Priscila Moreira Andrade, Valéria Mussi Dias

**Arte da Capa:** Leonardo P. Pacheco / Imprensa Oficial  
**Fotos:** Francisco Barbosa, Marília V. Junqueira, Mônica de Cássia S. Campos, Eneida M. Eskinazi Sant'Anna e Leandro Moreira.

**Foto Capa:** Larva de *Anacroneuria* sp.

**Imagem:** Mônica de Cássia S. Campos

**Foto Contra-capas:** Evandro Rodney

**Imagem:** Parque Estadual da Serra do Intendente.

**Impressão:**

**Endereço:**

Rodovia Prefeito Américo Gianeti, s/nº Prédio Minas Bairro Serra Verde – Belo Horizonte – Minas Gerais  
Brasil – CEP: 31.630-900  
E-mail: projetospesquisas.ief@meioambiente.mg.gov.br  
Site: www.ief.mg.gov.br

## FICHA CATALOGRÁFICA

MG.Biota: Boletim Técnico Científico da Diretoria de Biodiversidade do IEF – MG. v.4, n.1 (2011) – Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2011.

v.; il.

Bimestral

ISSN: 1983-3687

1. Biosfera – Estudo – Periódico. 2. Biosfera – Conservação. I. Instituto Estadual de Florestas. Diretoria de Biodiversidade.

CDU: 502

Catálogo na Publicação – Silvana de Almeida CRB. 1018-6

## Instruções para colaboradores MG.Biota

**Aos autores,**

Os autores deverão entregar os seus artigos diretamente à Gerência de Projetos e Pesquisas (GPROP), acompanhada de uma declaração de seu autor ou responsável, nos seguintes termos:

*Transfiro para o Instituto Estadual de Florestas por meio da Diretoria de Biodiversidade, todos os direitos sobre a contribuição (citar Título), caso seja aceita para publicação no MG.Biota, publicado pela Gerência de Projetos e Pesquisas. Declaro que esta contribuição é original e de minha responsabilidade, que não está sendo submetida a outro editor para publicação e que os direitos autorais sobre ela não foram anteriormente cedidos à outra pessoa física ou jurídica.*

A declaração deverá conter: Local e data, nome completo, CPF, documento de identidade e endereço completo.

Os pesquisadores-autores devem preparar os originais de seus trabalhos, conforme as orientações que se seguem: NBR 6022 (ABNT, 2003).

1. Os textos deverão ser inéditos e redigidos em língua portuguesa;
2. Os artigos terão no máximo 25 laudas, em formato A4 (210x297mm) impresso em uma só face, sem rasuras, fonte Arial, tamanho 12, espaço entre linhas de 1,5 e espaço duplo entre as seções do texto.
3. Os originais deverão ser entregues em duas vias impressas e uma via em CD-ROM (digitados em Word for Windows), com a seguinte formatação:
  - a) Título centralizado, em negrito e apenas com a primeira letra em maiúsculo;
  - b) Nome completo do(s) autor(es), seguido do nome da instituição e titulação na nota de rodapé;
  - c) Resumo bilíngüe em português e inglês com no máximo 120 palavras cada;
  - d) Introdução;
  - e) Texto digitado em fonte Arial, tamanho 12;
  - f) Espaço entre linhas de 1,5 e espaço duplo entre as seções do texto, assim como entre o texto e as citações longas, as ilustrações, as tabelas, os gráficos;
  - g) As ilustrações (figuras, tabelas, desenhos, gráficos, mapas, fotografias, etc.) devem ser enviadas no formato TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 DPIs em arquivo separado. Deve-se indicar a

- disposição preferencial de inserção das ilustrações no texto, utilizando para isso, no local desejado, a indicação da figura e o seu número, porém a comissão editorial se reserva do direito de uma recolocação para permitir uma melhor diagramação;
- h) Uso de itálico para termos estrangeiros;
  - i) As citações no texto e as informações recolhidas de outros autores devem-se apresentar no decorrer do texto, segundo a norma: NBR 10520(ABNT, 2002);
    - Citações textuais curtas, com 3 linhas ou menos, devem ser apresentadas no corpo do texto entre aspas e sem itálico;
    - Citações textuais longas, com mais de 3 linhas, devem ser apresentadas Arial, tamanho 10, elas devem constituir um parágrafo próprio, recuado, sem necessidade de utilização de aspas;
    - Notas explicativas devem ser apresentadas em rodapé, com fonte Arial, tamanho 10, enumeradas.
  - j) As referências bibliográficas deverão ser apresentadas no fim do texto, devendo conter as obras citadas, em ordem alfabética, sem numeração, seguindo a norma: NBR 6023 (ABNT, 2002);
  - k) Os autores devem se responsabilizar pela correção ortográfica e gramatical, bem como pela digitação do texto, que será publicado exatamente conforme enviado.

**Endereço para remessa:**

Instituto Estadual de Florestas - IEF  
Gerência de Projetos e Pesquisas – GPROP  
Boletim MG.Biota  
Rodovia Prefeito Américo Gianeti, s/nº - Prédio Minas - Serra Verde  
Belo Horizonte/MG  
Cep: 31.630-900  
email: projetospesquisas.ief@meioambiente.mg.gov.br  
Telefones: (31)3915-1324;3915-1338

# MG.BIOTA

**INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS — MG**  
DIRETORIA DE BIODIVERSIDADE  
GERÊNCIA DE PROJETOS E PESQUISAS

MG.BIOTA	Belo Horizonte	v.4, n.1	abr./mai.	2011
----------	----------------	----------	-----------	------

## SUMÁRIO

Editorial .....	3
Insetos aquáticos das lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais <i>Maria Margarida Marques, Karine de Andrade Almeida, Liss Gato, Francisco Barbosa</i> .....	4
Avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul através do índice “ISMR” adaptado para as comunidades de macroinvertebrados bentônicos tropicais do Brasil <i>Marília Vilela Junqueira, Günther Friedrich</i> .....	13
Em Destaque: Ecossistemas lacustres montanos: biodiversidade e grau de vulnerabilidade à ação antrópica <i>Eneida Maria Eskinazi Sant’Anna, Luciana Diniz Freitas, Raquel Aparecida Moreira</i> .....	37

---

## EDITORIAL

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sofrido alterações em diferentes segmentos, como consequência direta de atividades antrópicas. Quando se faz uma avaliação da qualidade da água, os macroinvertebrados do benton são considerados, em águas correntes, os organismos que melhor refletem esta qualidade. A preocupação quanto aos níveis de qualidade, contaminação das águas e manutenção dos recursos hídricos assumem uma importância fundamental, a partir do momento que a água se tornou essencial para a sobrevivência humana.

Nesta edição, a avaliação da qualidade de água por meio da abordagem metodológica do sistema saprobiótico na bacia do rio Paraíba do Sul mostra-se muito oportuna, ao observar o comprometimento antrópico existente nesta bacia. Os trechos avaliados abrangem os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, que compartilham esta bacia, na condução de pesquisas que buscam identificar os fatores que contribuíram para a degradação ambiental da bacia, visando à melhoria das condições ambientais e qualidade de vida das populações.

Concluiu-se que, diante das condições observadas, ficou evidente a necessidade urgente de implementação de medidas por parte das entidades públicas responsáveis pelo saneamento básico nesta área, para evitar as cargas de poluição orgânica que vem sendo lançada nesta bacia, sem nenhum tratamento prévio, o que provoca a degradação significativa da fauna aquática, a destruição da biodiversidade nativa, torna a água imprópria para consumo e favorecem a transmissão de doenças.

Também nesta edição, será apresentada uma abordagem sobre a importância dos insetos aquáticos das lagoas do Parque Estadual do Rio Doce – maior fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais-, com a finalidade de avaliar a biodiversidade de grupos de organismos encontrados em ambientes aquáticos e terrestres frente a duas ações que causam impacto ao meio ambiente: o desmatamento, que causa a fragmentação dos habitats e as invasões biológicas, com destaque para espécies de peixes, moluscos, macrófitas aquáticas e inclusive primatas. Além de avaliar, aspectos sócio-econômicos desta região, visando elaborar propostas de zoneamento ecológico-econômico, para implementação de um programa de educação ambiental de forma participativa.

A pesquisa demonstrou a presença de organismos indicadores de boa qualidade de água, o que demonstra que os corpos d'água analisados se encontram em boas condições e que o parque – considerado um laboratório vivo – cumpre o seu papel na conservação da biodiversidade.

José Medina da Fonseca  
Engenheiro Florestal

---

# Insetos aquáticos das lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais

*Maria Margarida Marques<sup>1</sup>, Karine de Andrade Almeida<sup>2</sup>, Liss Gato<sup>2</sup>, Francisco Barbosa<sup>3</sup>*

## Resumo

Analisou-se a riqueza, abundância, composição de espécies e de grupos funcionais da entomofauna de três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce. Realizaram-se coletas sazonais (seca e chuva) durante o período 2000 - 2006, com rede manual (malha de 0,25 mm), em dois pontos litorâneos de cada lagoa. A abundância média encontrada foi de 260 ind./amostra. Encontraram-se 31 famílias de insetos representando oito ordens, larvas de Chironomidae (Diptera), indicadores de ambientes degradados, foram dominantes, mas registraram-se números expressivos de indicadores de boa qualidade ambiental: ninfas de Ephemeroptera, Trichoptera e Odonata. Os grupos funcionais mostraram comunidades estruturadas, exceto na lagoa Carioca, que por ser pequena e impactada pela introdução de espécies exóticas, é a mais ameaçada. Entretanto, considerando-se a riqueza existente, conclui-se que o Parque cumpre sua função de preservação da biodiversidade.

Palavras chave: comunidades, grupos funcionais, conservação, qualidade de água.

## Abstract

The insect fauna of three natural lakes within the Rio Doce State Park (middle Rio Doce Valley, south-east Brazil) was investigated, considering its species composition, richness, abundance, and functional feeding groups. Samplings were conducted seasonally (dry and wet periods) along the years 2000 until 2006, using hand net of 0.25 mm mesh size, at two sampling points in the littoral region of each lake. A total of 31 Families representing 8 Orders with an average abundance of 260 individuals per sample (ind./sample) were recorded. Chironomidae larvae, widely considered as indicators of degraded environments were dominant along the majority of the samples. However, significant numbers of nymphs of Ephemeroptera, Plecoptera and Odonata, considered as good environmental quality indicators were also recorded. The functional feeding groups indicate well structured communities except for lake Carioca due to the fact this is a small lake severally impacted by the introduction of exotic fish species thus resulting in a threatened environment. On the other hand and considering the existing richness of distinct groups of insects it can be concluded the middle Rio Doce lake system provides adequate conditions for the conservation and maintenance of the aquatic biodiversity.

Keywords: communities, functional feeding groups, conservation, water quality.

---

<sup>1</sup> Doutora em Ecologia Conservação e Manejo de Vida Silvestre, Programa PELD/MCT/CNPq-UFMG.

<sup>2</sup> Graduanda em Ciências Biológicas, UFMG.

<sup>3</sup> Prof. Titular, Depto Biologia Geral, Laboratório de Limnologia – ICB/UFMG – Programa PELD/MCT/CNPq-UFMG.

---

## Introdução

Os insetos constituem um dos mais importantes grupos faunísticos das águas continentais. Representam, com sua impressionante diversidade, um grande número de estratégias adaptativas às variadas condições do meio aquático podendo ser encontrados, em formas imaturas ou como adultos, em praticamente todos os tipos de corpos d'água. Ambientes lóticos e lênticos, naturais e artificiais, salobros, eutrofizados por ação humana e com grande amplitude de variação nas suas características físicas e químicas, podem apresentar-se como habitats adequados para um grande número de espécies de insetos (MERRIT & CUMMINS, 1996).

Esta assembleia tem um importante papel no funcionamento dos ecossistemas aquáticos continentais, notadamente em relação à ciclagem da matéria, à dinâmica de nutrientes e fluxo da energia pela cadeia alimentar. A fragmentação da matéria orgânica alóctone e o biorrevolvimento da superfície dos substratos são exemplos de processos fundamentais para a liberação de nutrientes para a coluna d'água e aeração dos sedimentos sendo a saúde e a qualidade dos corpos d'água dependentes de tais processos (DÉVAI, 1990; CUMMINS *et al.*, 1989).

Além disso, encontram-se entre as muitas famílias de insetos aquáticos os melhores bioindicadores de qualidade de água. A sua ubiquidade e o grande número de espécies envolvidas oferece um amplo

espectro de respostas aos vários tipos de impactos ambientais, compreendendo desde os organismos mais resistentes às mudanças no seu habitat até aqueles mais sensíveis. Por terem natureza relativamente sedentária e ciclo de vida relativamente longos são facilmente amostrados e permitem a elucidação de mudanças temporais causadas por perturbações antrópicas ou naturais. Tudo isso os têm levado a serem cada vez mais utilizados em programas de monitoramento e avaliação de qualidade de água (ROSENBERG & RESH, 1993).

O entorno do Parque Estadual do Rio Doce (PERD), maior fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, representa um microcosmo da situação ambiental brasileira, uma vez que aí se encontram praticamente todos os graves problemas que envolvem a degradação do meio e a perda de biodiversidade nativa (PAULA *et al.*, 1997). Entre esses problemas destacam-se na região o considerável desmatamento, a monocultura de *Eucalyptus* spp., atividades econômicas altamente impactantes como mineração e siderurgia e urbanização acelerada nos últimos 50 anos.

Ainda assim, o vale do médio Rio Doce (MG) abriga mais de 60% da biodiversidade da Mata Atlântica, incluindo uma percentagem ainda maior das espécies endêmicas a esse bioma. A Mata Atlântica e o sistema lacustre do médio Rio Doce (BARBOSA & MORENO, 2002, p. 69 – 81), constituem o maior remanescente do bioma Mata Atlântica em Minas Gerais, totalizando

---

36.000 ha de florestas, em sua maior parte, secundária, entremeadas por um sistema lacustre com 130 lagoas nos mais variados estágios de evolução e trofia (BARBOSA & MORENO, 2002).

Por estas características a região foi escolhida como um dos locais de pesquisa do Programa de Pesquisas de Longa Duração (PELD), cuja meta principal foi avaliar a biodiversidade remanescente de grupos de organismos selecionados de ambientes terrestres e aquáticos frente a duas ações antrópicas altamente impactantes: o desmatamento (fragmentação de habitats) e as invasões biológicas, notadamente espécies de peixes, moluscos, macrófitas aquáticas e inclusive primatas. Este programa teve ainda o papel pioneiro de avaliar alguns aspectos sócio-econômicos desta região, com vistas a elaborar propostas de um zoneamento ecológico-econômico, juntamente com a condução de um extenso programa de educação ambiental com professores do ensino fundamental e médios dos municípios da região de estudos, programa este elaborado de forma participativa e que considerava os principais problemas ambientais da região (BARBOSA & MORENO, 2002, p. 69 – 81).

Este trabalho tem como objetivo sintetizar o estado atual do conhecimento sobre a entomofauna aquática das lagoas situadas dentro do PERD que vêm sendo sistematicamente estudadas desde janeiro de 2000 dentro das ações do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração

(PELD), do Ministério da Ciência e Tecnologia/Conselho Nacional de Desenvolvimento – MCT/CNPq.

## **Materiais e métodos**

Dentro dos limites do Parque Estadual do Rio Doce, três lagoas vêm sendo rotineiramente amostradas: Dom Helvécio, Carioca e Gambazinho (FIG. 1).

A lagoa Dom Helvécio é o maior do sistema (6,87 km<sup>2</sup> de superfície e 32,5 m de profundidade máxima) (FIG. 2). Nela, é permitido o acesso de turistas para pesca desportiva, banho e passeios de barco. A lagoa Carioca (0,13 km<sup>2</sup> de superfície e 11,8 m de profundidade máxima) (FIG. 3) não é oficialmente aberta a visitantes e apresenta-se bem mais preservada. Entretanto, sua localização próxima a um campo de pouso de aeronaves e a existência de trilha que facilita o acesso, a tornam potencialmente vulnerável. A lagoa Gambazinho (0,10 km<sup>2</sup> e profundidade máxima de 10 m) (FIG. 4) é a única onde ainda não há registro de espécies exóticas de peixes ou moluscos, sendo, portanto, considerada a única cujas comunidades biológicas mantêm suas características próximas das condições originais.

Desde o ano 2000, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos das lagoas Dom Helvécio e Carioca foi amostrada semestralmente, concentrando-se as coletas nos períodos de seca (junho-agosto) e chuvas (dezembro-fevereiro). A lagoa Gambazinho começou a ser

estudada a partir de 2004, com a mesma periodicidade de coletas.

Em dois pontos aleatoriamente escolhidos da região litorânea de cada lagoa foram retiradas três amostras do sedimento, utilizando-se rede manual

(malha de 0,25 mm). O sedimento foi lavado sobre uma bateria de peneiras (malhas de 2 mm, 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm) e todos os organismos encontrados foram então triados, identificados e contados sob microscópio estereoscópio.

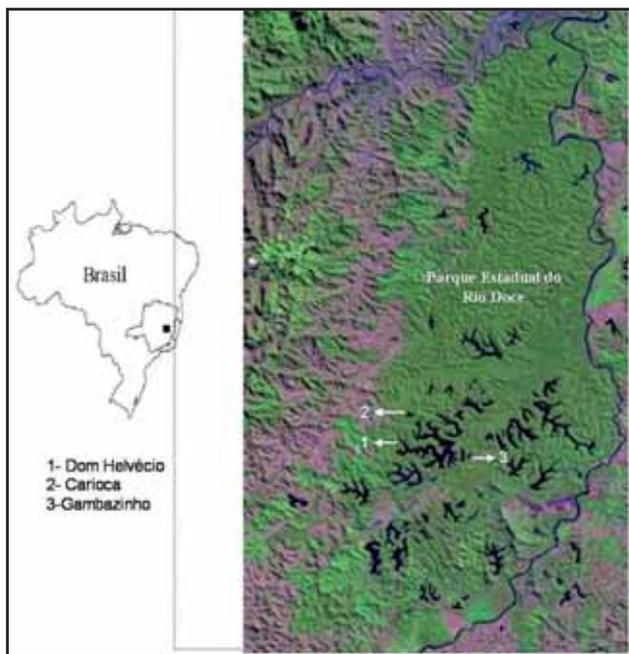


FIGURA 1 - Localização das lagoas Carioca, Gambazinho e Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG.  
Fonte: EMBRAPA Escala: 1:100.000



Foto: Francisco Barbosa

FIGURA 3 - Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG.



Foto: Francisco Barbosa

FIGURA 2 - Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG.



Foto: Francisco Barbosa

FIGURA 4 - Lagoa Gambazinho, Parque Estadual do Rio Doce, MG.

## Resultados e discussão

Foram coletados 4.951 indivíduos distribuídos em oito ordens e 31 famílias de Insecta. A tabela 1 mostra os organismos encontrados em cada uma das três lagoas e sua abundância total, bem como o grupo funcional de alimentação a que são atribuídos por Merrit & Cummins (1996).

Em comparação com outros sistemas lacustres de Minas Gerais, como o da região do karste de Lagoa Santa (SANTOS *et al.*, 1998), onde, num conjunto de cinco lagoas amostradas sazonalmente durante três anos, encontraram-se 26 famílias, é notável que as lagoas do PERD mantêm alta riqueza taxonômica, cumprindo sua função de preservação das espécies aquáticas como

TABELA 1  
Lista das famílias de insetos e sua abundância distribuída por grupo funcional de alimentação, encontrados no Parque Estadual do Rio Doce.

Ordem	Família	Grupo	seca/2000			chuva/2001			seca/2004			chuva/2005			seca/2005			chuva/2006			seca/2006		
			CAR	DOM		CAR	DOM		CAR	DOM	GAM	CAR	DOM	GAM	CAR	DOM	GAM	CAR	DOM	GAM	CAR	DOM	GAM
Collembola	Isotomidae	C						3															
Coleoptera	Dytiscidae	P						1				1						1					
	Elmidae	P									1												
	Hydrophilidae	P						1										2					6
	Lampyridae	P																					2
	Ceratopogonidae	C, P							5			1				3					12		37
Diptera	Chaoboridae	P		2		1														1			
	Chironomidae	C, F	23	97	117	20		90	119		76	48		409	803	122	71	292			11		706
	Tanypodinae	P		3	17	11		16	23		39	5		61	63	3	24	10			4		255
	Culicidae	F																					2
	Tipulidae	Fr								1													
Ephemeroptera	Baetidae	C, R			2	1								29	5		6	24			1		1
	Caenidae	C			2							7			1	2		5	9				28
	Ephemeridae	C														1							
	Leptophlebiidae	C											2	3		1	1						
Heteroptera	Belostomatidae	P										3				2		1	3				2
	Corixidae	P							4												1		
	Gerridae	P							1												4		1
	Naucoridae	P																			1		
	Nepidae	P													1								
	Notonectidae	P													5								
	Veliidae	P																					1
	Pylalidae	Fr								1								1					
Odonata	Aeshnidae	P														1		1					5
	Coenagrionidae	P							4		1			7	15	1		7					13
Trichoptera	Corduliidae	P			2																		
	Gomphidae	P						2			13			2	10	5	8	23	4	4			5
	Libellulidae	P							3					1		1	1	2	6				22
	Hydrobiosidae	P			1																		
	Hydroptilidae	C							1														
Trichoptera	Leptoceridae	C, Fr, P			1													10					3
	Limnephilidae	Fr						95	4		97	12		250	24		440	57					3

Legenda: CAR - lagoa Carioca; DOM - lagoa Dom Helvécio; GAM - lagoa Gambazinho, C - coletor, P - predador, F - filtrador, R - raspador, Fr - fragmentador.

se espera de ambientes dentro de uma unidade de conservação.

A lagoa Gambazinho apresentou, em quase todos os períodos amostrados a maior riqueza de famílias de Insecta, corroborando a ideia de que a introdução de espécies exóticas ocorridas nas outras duas lagoas pode ter levado a alterações em todos os níveis tróficos, empobrecendo e simplificando a comunidade como um todo (PINTO-COELHO *et al.*, 2008). Destaca-se para este ambiente o período de seca de 2006, quando foram registradas 17 famílias (GRÁF. 1). A lagoa Carioca, o mais frágil dos três ambientes pelo pequeno tamanho e localização de fácil acesso a visitantes, apresentou a menor riqueza, algumas vezes não se encontrando nem um único indivíduo nas amostras.

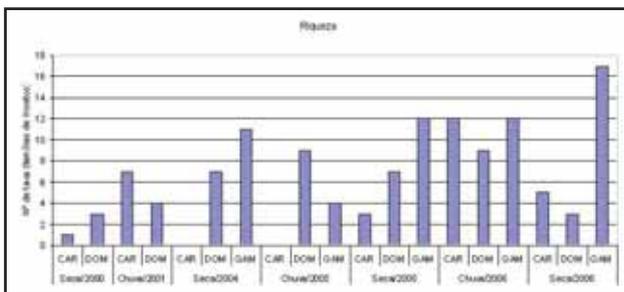


GRÁFICO 1 - Riqueza de famílias de insetos das lagoas Carioca (CAR), Gambazinho (GAM) e Dom Helvécio (DOM), Parque Estadual do Rio Doce/MG no período 2000-2006.

Em trabalhos pioneiros do início da década de 80 sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos no PERD, Fukuhara *et al.* (1997) registraram baixa riqueza de Insecta na Lagoa Dom Helvécio, onde apenas 4 famílias foram encontradas na época de seca e 5 no período de chuva. Tal resultado contrasta

com aquele registrado por Marques (2004) que, no período de vazante de 1999, encontrou 14 famílias de insetos na zona litorânea deste ambiente.

Na década de 80, larvas de Diptera das famílias Chaoboridae e Chironomidae dominavam numericamente a comunidade zoobentônica, os primeiros alcançando densidades de até 996 ind/m<sup>2</sup>. Além disso, a sazonalidade interferiu, se não na riqueza, parâmetro para o qual não se observou diferenças significativas, na densidade de organismos da zona litorânea que foi expressivamente maior na maioria dos pontos amostrados durante a estação de maior pluviosidade. Atestando a boa qualidade da água da lagoa Dom Helvécio naquela época foram registrados, também em grande densidade, organismos considerados mais sensíveis às alterações ambientais tais como: ninfas de Trichoptera, Ephemeroptera (Caenidae) e Odonata (Libellulidae).

Os baixos valores de riqueza nos anos iniciais deste trabalho (GRÁF. 1) podem ser atribuídos à ausência de chuvas no final do ano de 1999 e que perdurou durante todo o ano de 2000, conhecido como o ano do “apagão” no Brasil. A diminuição da pluviosidade pode ter alterado ou interrompido o ciclo reprodutivo normal de algumas espécies, e as populações sofreram assim uma diminuição na sua abundância e densidade. Tal fato indica que estes ambientes possam ter uma maior fragilidade frente a alterações ambientais globais, tanto naturais quanto impostas pelo ser humano.

Não houve diferenças significativas entre os períodos de seca e de chuvas na riqueza e na abundância dos insetos aquáticos (GRÁF. 2). Provavelmente as alterações climáticas inesperadas no início do trabalho tenham contribuído para a ausência de um padrão sazonal. Em geral, o período de chuvas é mais favorável ao desenvolvimento de larvas e ninfas de insetos aquáticos em ambientes lacustres.

A composição faunística das lagoas apresenta alguns grupos típicos de ambientes bem conservados e de boa qualidade ambiental, como ninfas das ordens Ephemeroptera e Trichoptera e larvas de Odonata. Entretanto, destaca-se a ubiquidade e abundância das larvas de Chironomidae (Diptera) e sua sub-família Tanypodinae, presentes em 80% das amostras e que correspondem a 71% de todos os indivíduos encontrados, sendo

que em 63% das amostras esta família representa mais da metade de toda a fauna encontrada. Estes resultados são compatíveis com outros estudos e levantamentos da fauna de macroinvertebrados aquáticos, nos quais esta família é frequentemente citada como a mais comum e abundante em diversos tipos de sistemas aquáticos continentais (MERRIT & CUMMINS, 1996).

Em relação aos grupos funcionais de alimentação encontrou-se que a maioria das taxas presentes nas lagoas era de organismos predadores (TAB. 1), principalmente das ordens Coleoptera, Heteroptera e Odonata. Entretanto, tal como seria esperado em uma comunidade baseada na cadeia de detritos, estes não são os organismos dominantes numericamente, mas sim os coletores e filtradores (GRÁF. 3) que se alimentam de pequenas

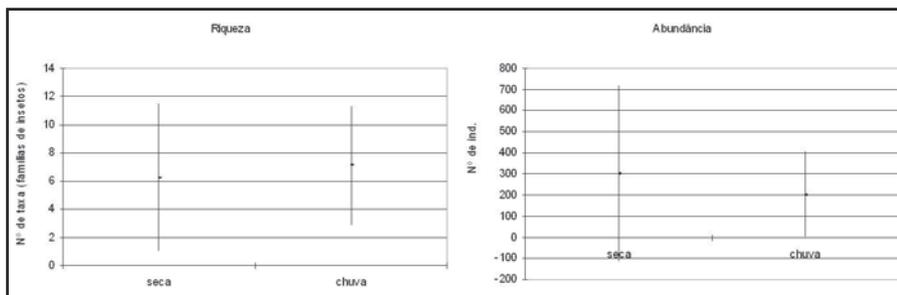


GRÁFICO 2 - Média e desvio padrão da riqueza e abundância total de famílias de insetos para os períodos de seca e chuva.

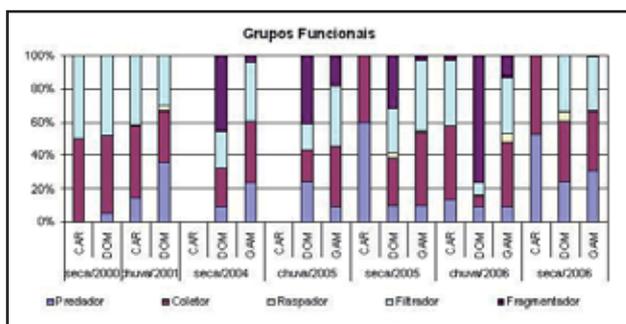


GRÁFICO 3 – Proporção entre os grupos funcionais de alimentação encontrados nas três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, MG.

---

partículas de matéria orgânica fina em decomposição (< 1 mm). Os fragmentadores, responsáveis pela transformação da matéria orgânica grossa alóctone em matéria orgânica fina, foram representados neste estudo por 12% do total de organismos (GRÁF. 3), o que é um resultado compatível com os achados de Wantzen & Rüdiger (2006), segundo os quais em sistemas tropicais esta função assume uma menor importância ecológica em comparação aos ambientes temperados, devido principalmente às altas taxas de decomposição as quais interferem na qualidade nutricional das folhas. O grupo funcional de alimentação menos expressivo, tanto numericamente quanto em termos de riqueza de taxa, foi o dos raspadores. Estes organismos se alimentam da comunidade perifítica (algas, fungos, protozoários) que cresce associada a um substrato sólido, como rochas e superfície de macrófitas. No caso das lagoas do PERD, o grupo funcional dos raspadores é representado principalmente por moluscos gastrópodes e não por insetos (VIDIGAL *et al.*, 2005).

A lagoa Carioca chama a atenção por apresentar a menor diversidade de grupos funcionais em comparação aos outros dois ambientes. Em três momentos (seca/2000, seca/2005 e seca/2006), encontraram-se somente dois grupos funcionais em toda a entomofauna. Este pode ser um indicativo de que os processos ecológicos foram alterados comprometendo a estrutura da

comunidade biológica. A introdução de espécies exóticas em um corpo d'água de pequeno tamanho pode determinar o desaparecimento de importantes elos da cadeia alimentar.

## **Conclusão**

As lagoas do Parque Estadual do Rio Doce apresentam, em conjunto, alta riqueza de famílias de Insecta, demonstrando sua importância na conservação das espécies aquáticas. Não se encontraram padrões sazonais para a riqueza e abundância dos insetos. Aparentemente, a introdução de espécies exóticas de peixes e moluscos em duas das lagoas reduziu a riqueza das mesmas através de efeitos em cascata na cadeia trófica. Ainda assim, as comunidades mostraram-se relativamente bem estruturadas, com vários grupos funcionais de alimentação atuando na região litorânea. A presença de organismos indicadores de boa qualidade de água demonstra que os corpos d'água analisados encontram-se ainda em boas condições de conservação ambiental. A única exceção foi a lagoa Carioca que mostrou baixa diversidade de grupos funcionais, além da pequena riqueza de taxa, mostrando ser o ambiente mais ameaçado, principalmente pelas introduções de espécies exóticas, notadamente peixes.

---

## Referências

- BARBOSA, Francisco; MORENO, Pablo. Mata Atlântica e sistema lacustre do médio Rio Doce. In: SEELIGER, U. CORDAZZO, C. BARBOSA, F. (Org.). **Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração**, Belo Horizonte: UFMG 2002. p. 69-81.
- CUMMINS, Kenneth W. *et al.* Shredders and riparian vegetation. **Bioscience**, Reston, v. 39, n. 1, p. 24-30. 1989.
- DÉVAI, György. Ecological background and importance of the change of chironomid fauna in shallow Lake Balaton. **Hidrobiologia**, Brussels, v. 191, p. 189-198. 1990.
- FUKUHARA, H., TORRES, Geraldo Eustáquio; CLARO-MONTEIRO, S.M. Standing crop of zoobenthos in lakes D. Helvécio and Jacaré. In: TUNDISI, José Galizia; SAIJO, Y. (Org.). **Limnological studies on the rio Doce valley lakes, Brazil**. São Carlos. 528 p. 1997.
- MARQUES, Maria Margarida. **Aplicação da teoria de habitat-templets à avaliação da qualidade de água**: proposta de criação de índices bióticos no trecho médio da bacia do rio Doce, MG. Belo Horizonte: 2004. 115 f. Tese (Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo de Vida Silvestre). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- MERRITT, Richard W.; CUMMINS, Kenneth W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 2 .ed. Dubuque: Kendall/ Hunt Publishing Company, 1996. 862p.
- PAULA, João Antônio *et al.* Dinâmica capitalista, divisão internacional do trabalho e meio-ambiente. In: **Biodiversidade, população e economia**. Belo Horizonte, p. 27-46. 1997. Relatório Técnico.
- PINTO-COELHO, Ricardo Motta *et al.* The inverted trophic cascade in tropical planktonic communities: impacts of exotic fish introduction in the middle rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 68, n. 4, p. 631-637. 2008.
- ROSENBERG, David M.; RESH, Vicent W. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall, 1993. 488 p.
- SANTOS, Mairy Barbosa Loureiro; MARQUES, Maria Margarida Granate Sá e Melo; BARBOSA, Francisco. Diversidade e abundância da fauna bentônica de cinco lagoas do karste do planalto de Lagoa Santa, Minas Gerais. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 5, p. 77-89. 1998.
- VIDIGAL, Teofânia *et al.* Gastrópodes e bivalves límnicos do trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Lundiana**, Belo Horizonte, v. 6, p. 67-76. 2005.
- WANTZEN, Karl M.; WAGNER, Rüdiger. Detritus processing by invertebrate shredders: a neotropical-temperate comparison. **J. North Am. Benthol. Soc.**, Glenview, v. 25, n. 1, p. 216-232. 2006.

---

# Avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul através do índice “ISMR” adaptado para as comunidades de macroinvertebrados bentônicos tropicais do Brasil

*Marília Vilela Junqueira<sup>1</sup>, Günther Friedrich<sup>2</sup>*

## Resumo

Este trabalho apresenta os resultados da avaliação da qualidade das águas da Bacia do rio Paraíba do Sul segundo uma nova adaptação do sistema saprobiótico baseada nas comunidades de macroinvertebrados do benton de rios do Estado de Minas Gerais e Rio de Janeiro, o índice “ISMR”. O trabalho além de testar o índice saprobiótico “ISMR”, descreve os procedimentos metodológicos para o cálculo da avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul em 2006. A rede de amostragem demarcada na bacia do rio Paraíba do Sul compreendeu 23 estações de amostragem, e as coletas foram realizadas com substrato artificial, para possibilitar uma comparação e quantificação padronizada das amostras em todos os tipos de habitat. Os resultados da avaliação comprovaram o grau preocupante de poluição orgânica em alguns trechos da bacia do rio Paraíba do Sul.

Palavras chave: qualidade de água, biomonitoramento de rios, índice biótico, índice saprobiótico, macrozoobentos.

## Abstract

This paper presents the results of water quality assessment in rivers of the Paraíba do Sul watershed according a new development with adapted saprobic system on the basis of tropical macrozoobenthos communities from rivers in Minas Gerais and Rio de Janeiro states, the “ISMR”. The paper as well describes the methodological procedure of calculating the ISMR and its application upon the river water quality in the Paraíba do Sul catchment area in 2006. The sampling net included 23 stations and was realized by the use of artificial substrates in order to enable standardized habitats for the settlement of organisms and quantitative comparison. The results demonstrate the intensity of the effect of organic pollution on the macroinvertebrates community in studied area.

Keywords: water quality, biomonitoring of rivers, biotic index, saprobic index, macrozoobenthos.

---

<sup>1</sup> Bióloga. Especialista em Gestão de Qualidade de Água. Bundesanstalt für Gewässerkunde/BFG – Koblenz. Institut für Wasser Boden und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes/WABOLU - Berlin. Universität Hamburg – Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft /IFHW - Hamburg. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein Westfalen /LAWA – Düsseldorf. Alemanha. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais CETEC – Setor de Recursos da Água SAA.

<sup>2</sup> Biólogo. PhD rer. nat. Freien Universität Berlin. Professor an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Alemanha.

---

## Introdução

A avaliação da qualidade de água de rios por meio de bioindicadores e índices bióticos é realizada na Europa há mais de 100 anos (SCHÄFER, 1985), e na América do Norte (KARR, 1994), atualmente também em regiões subtropicais como Austrália (HAASE & NOLTE, 2007). Os índices bióticos foram adotados como normas técnicas padronizadas para biomonitoramentos em rios, já há vários anos, em alguns países europeus. No Brasil, seu emprego é ainda reduzido, porém há trabalhos, desde a década passada, realizados nesta linha de pesquisa com macrozoobentos (JUNQUEIRA, *et al.*, 1991; 1998), (ARAÚJO, 1995), (COTA *et al.*, 2002) e (MONTEIRO *et al.*, 2008). Nestes biomonitoramentos é bem conhecida a importância dos macroinvertebrados do benton em virtude das suas características sésseis, ao seu ciclo de vida relativamente longo e a sua fácil visualização (ROSEMBERG & RESH, 1993), sendo, por isso, considerados em águas correntes, os organismos que melhor refletem a qualidade das águas. Embora haja, atualmente, na literatura científica mais de 50 variações metodológicas para avaliação de qualidade de água através de bioindicadores (DE PAWN & VANHOOREN, 1983), muitos, que utilizam à comunidade bentônica fundamentam-se nos princípios básicos do sistema saprobiótico, desenvolvido por Kolkwitz & Marsson (FRIEDRICH, 1990). O sistema saprobiótico

mede a carga de poluição orgânica degradável (saprobiose) de ambientes aquáticos de águas correntes, através do processo natural de decomposição pelos organismos aquáticos, que devido as suas diferenciadas atividades vitais (seus diferenciados hábitos alimentares e diferenciadas necessidades de oxigênio), povoam diferenciadamente os trechos do curso de água com diferentes níveis de cargas orgânicas e assim tornam-se importantes indicadores da saprobiose da água nos trechos do rio. O sistema saprobiótico pode combinar indicadores físico-químicos de água e biológicos para fazer a caracterização desta condição saprobiótica do ambiente.

A avaliação da qualidade de água através desta abordagem metodológica na bacia do Paraíba do Sul mostra-se bastante oportuna ao se considerar o grande comprometimento antrópico existente nesta bacia. Nos trechos fluminense e mineiro do rio Paraíba do Sul encontra-se instalado um dos maiores parques industriais do país e, apesar de sua importância para o abastecimento público de milhões de habitantes, não têm recebido a necessária atenção, tendo em vista que em suas águas são lançadas diariamente grandes quantidades de despejos orgânicos e tóxicos, que vêm afetando sua qualidade ecológica (ARAÚJO, 1995). Com este trabalho pretendeu-se a avaliação da qualidade das águas da bacia do rio Paraíba do Sul com um índice biótico padronizado, aplicável em toda a bacia, para possibilitar a elaboração de trabalhos integrados na bacia

do rio Paraíba do Sul e proporcionar resultados intercomparáveis, permitindo o aprimoramento da gestão e fiscalização das águas entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, unidades federativas que compartilham esta bacia, na condução de pesquisas integrativas voltadas a melhoria das condições ambientais (CETEC 2007).

## Metodologia

### Área de estudo

A área estudada abrangeu as três sub-bacias hidrográficas do rio Paraíba do Sul,

que nascem em território mineiro e que constituem os principais afluentes do rio Paraíba do Sul e que igualmente drenam regiões de grande importância econômica e cultural no cenário histórico do Estado de Minas Gerais (FIG. 1), a saber: bacia do rio Paraibuna (estações de coleta de 1 a 9 e FIG. 2, 3, 4, 5, 6), bacia do rio Pomba (estações de coleta de 10 a 16 e FIG. 6, 7, 8), bacia do rio Muriaé (estações de coleta de 17 a 21 e FIG. 10, 11, 12) e duas estações no próprio rio Paraíba do Sul (estações de coletas 22 e 23 e FIG. 13 e 14), cujas coordenadas de localização constam na tabela 1.

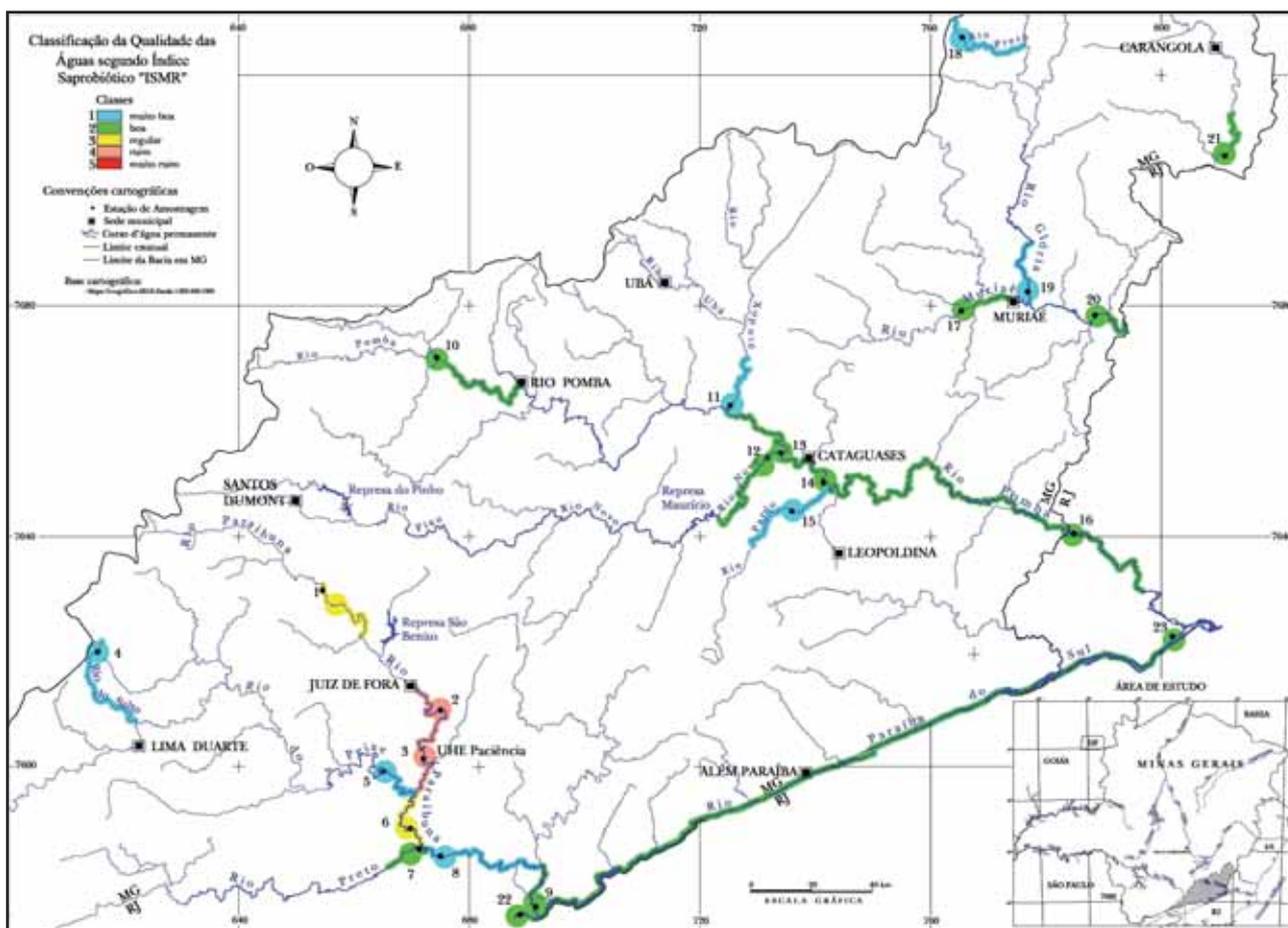


FIGURA 1 – Localização da área de estudo. Mapa de qualidade das águas da Bacia do rio Paraíba do Sul MG/RJ - 2006. Fonte: Fundação Centro Tecnológico de MG – CETEC.

TABELA 1  
 Rede de Amostragem investigada na Bacia do rio Paraíba do Sul, MG/RJ

Estação	Coordenadas (UTM)		Altitude (m)	Curso de água
	Longitude	Latitude		
1	654498	7610636	710	rio Paraibuna
2	674998	7589813	649	rio Paraibuna
3	672074	7581360	474	rio Paraibuna
4	614238	7598940	1351	rio do Salto
5	665045	7579097	456	rio do Peixe
6	669757	7569181	450	rio Paraibuna
7	671266	7565658	385	rio Preto
8	675016	7564608	343	rio Paraibuna
9	691485	7555583	272	rio Paraibuna
10	674345	7650941	504	rio Pomba
11	725229	7642618	311	rio Xopotó
12	731711	7633529	163	rio Novo
13	733972	7634361	172	rio Pomba
14	741401	7629322	165	rio Pomba
15	735956	7624383	356	rio Pardo
16	784903	7620593	108	rio Pomba
17	765280	7659047	212	rio Muriaé
18	765468	7706687	922	rio Preto
19	776172	7662503	190	rio Glória
20	788226	7658662	180	rio Muriaé
21	811003	7686015	281	rio Carangola
22	688775	7554131	241	rio Paraíba do Sul
23	801553	7603064	75	rio Paraíba do Sul

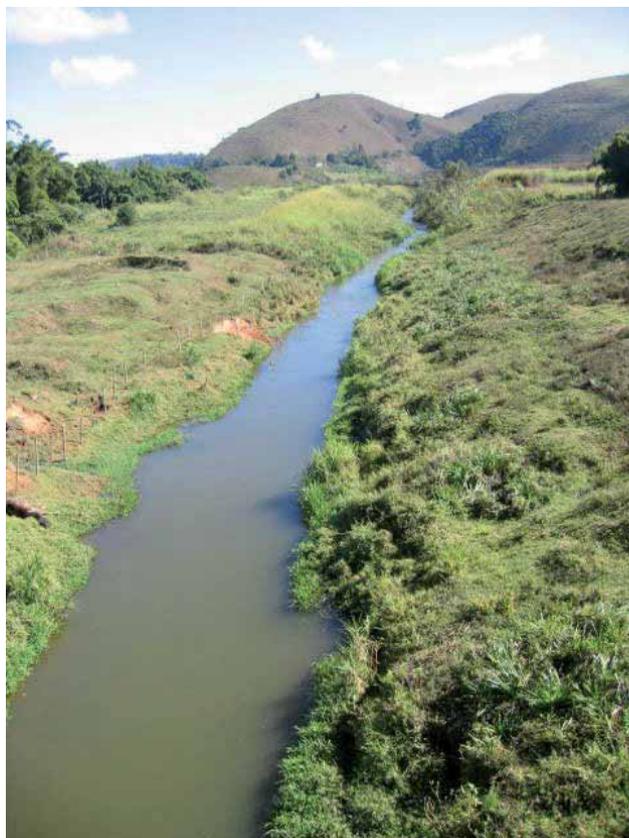


Foto: Mariana V. Junqueira

FIGURA 2 – Estação 1 rio Paraibuna em chapéu D'Uvas, município de Juiz de Fora/MG.



Foto: Mariana V. Junqueira

FIGURA 3 – Estação 3 rio Paraibuna a jusante de Juiz de Fora.



FIGURA 4 – Estação 4 rio do Salto no Parque Estadual do Ibitipoca.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 5 – Estação 8 rio Paraibuna, município Comendador Levy Gasparian/RJ.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 6 – Estação 7 rio Preto afluente do Paraibuna, município Comendador Levy Gasparian/RJ.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 7 – Estação 10 rio Pomba, município de Mercês/MG.

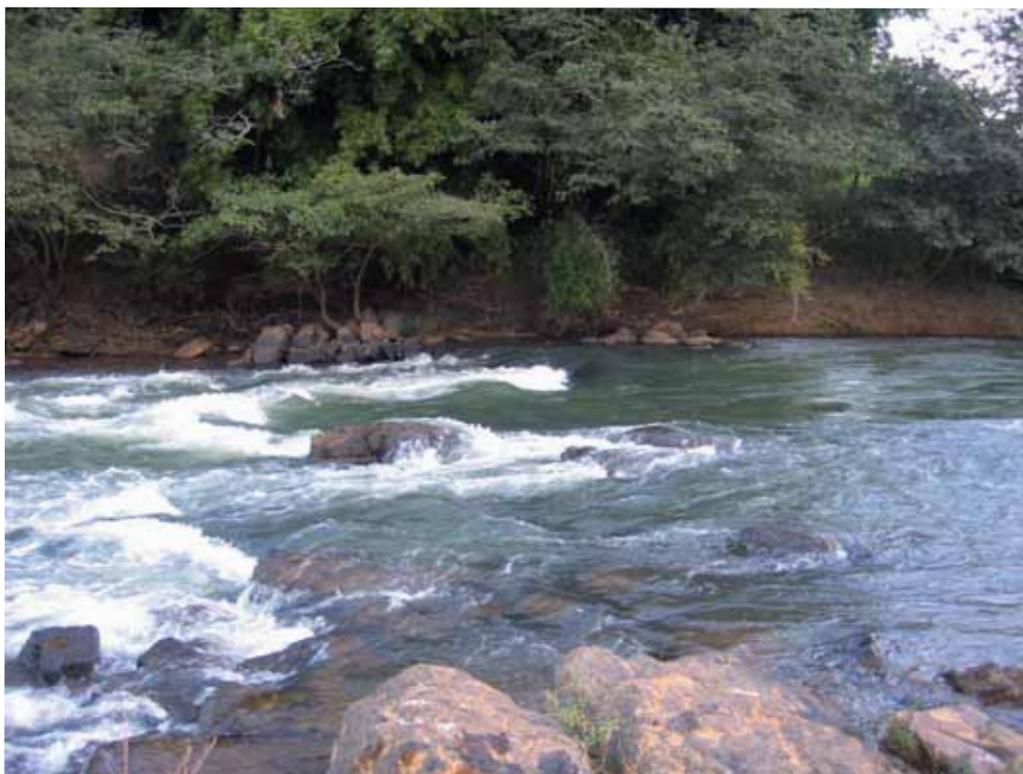


Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 8 – Estação 12 rio Novo, município de Cataguases/MG.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 9 – Estação 16 rio Pomba em Paraoquena.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 10 – Estação 17 rio Muriaé, município de Muriaé/MG.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 11 – Estação 18 rio Preto, município de Fervedouro/MG.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 12 – Estação 19 rio Glória, município de Muriaé/MG.

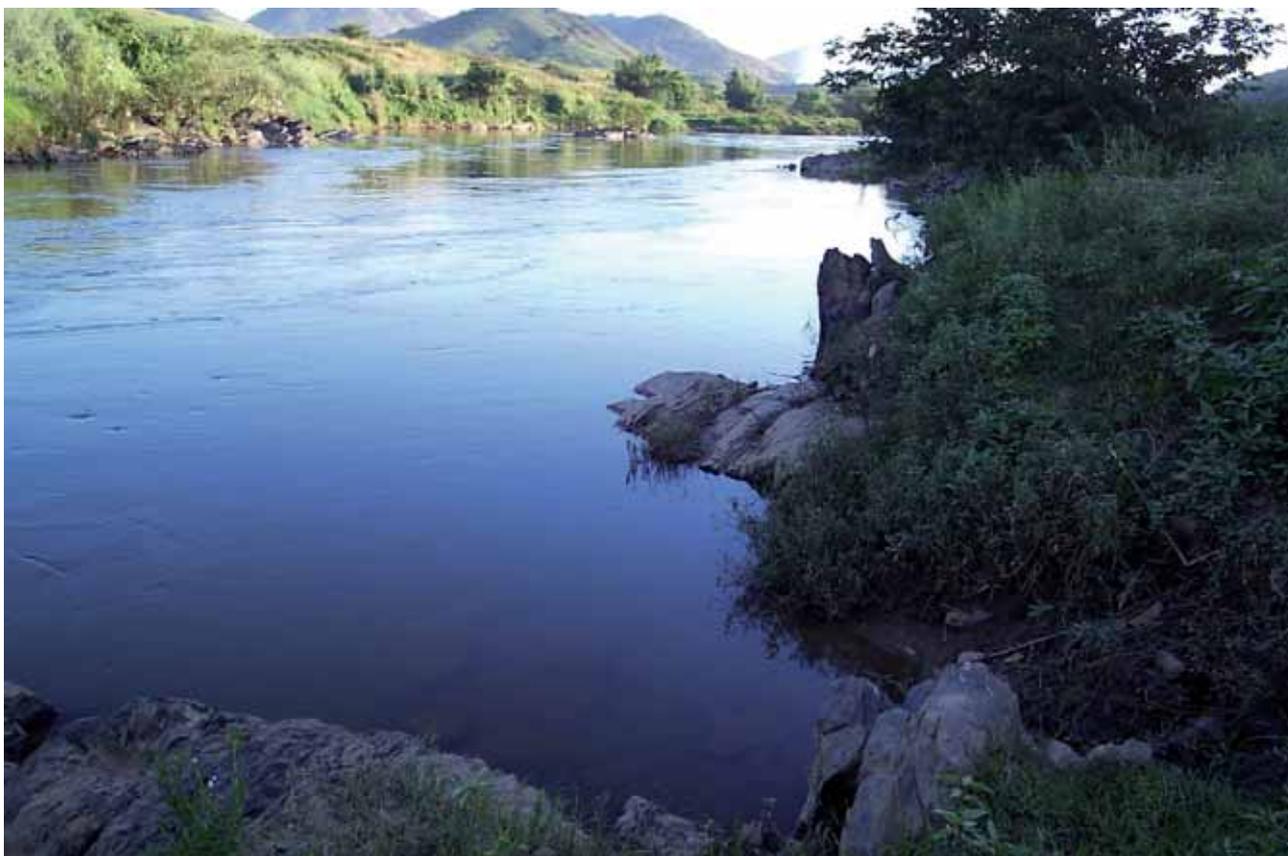


Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 13 – Estação 22 rio Paraíba do Sul, município de Três Rios/RJ.



Foto: Marília V. Junqueira

FIGURA 14 – Estação 23 rio Paraíba do Sul em Itaocara/RJ.

## Coleta de dados

A metodologia empregada neste trabalho para avaliar a qualidade das águas na bacia do rio Paraíba do Sul usa um índice denominado “ISMR” – um índice saprobiótico para Minas Gerais e Rio de Janeiro, que foi adaptado da metodologia do sistema saprobiótico (DIN 38 410-1, 2004) para as

comunidades macrozoobentônicas tropicais (JUNQUEIRA, FRIDRICH & ARAUJO, 2009). Este índice, como no sistema saprobiótico, estabelece valências saprobióticas “s” numa escala de 1 a 4 e pesos “G” saprobióticos em faixas de 1 a 16 (FRIEDRICH & HERBST, 2004), para diversos táxons da fauna macroscópica aquática do benton. Tais valores expressam os limites de tolerância à poluição orgânica destes organismos conforme apresentado na tabela 2. Nesta tabela estão também assinalados, com X, os táxons dos organismos macrozoobentônicos encontrados nas estações investigadas da bacia do rio Paraíba do Sul. Alguns destes macroinvertebrados bentônicos usados como bioindicadores de qualidade de água podem ser vistos nas figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21.

TABELA 2  
Relação das valências “s” e pesos saprobióticos “G” dos macrozoobentos segundo o índice Saprobiótico “ISMR” e dos táxons coletados (X) na bacia do rio Paraíba do Sul em 2006

Táxons	“s”	“G”	(Continua...) (X)
<b>TURBELLARIA</b>			
Dugesidae	1.7	2	
Planariidae	2.2	2	x
<b>OLIGOCHAETA</b>			
Tubificidae	3.6	4	x
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	2.1	8	
<i>Tubifex</i> sp. Lamarck, 1816	3.5	4	
<i>Limnodrilus</i> sp. Claparede, 1862	3.3	4	x
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	3.3	4	x
Naididae	3	4	x
<i>Dero</i> sp. Oken, 1815	3	8	x
<i>Dero evelinae</i> Marcus, 1943	3	8	x
<i>Dero digitata</i> Müller, 1773	3	8	x
<i>Dero botrytis</i> Marcus, 1943	3	8	x
<i>Dero aulophorus</i> Schmarida, 1861	3	8	x
<i>Nais communis</i> Piquet, 1906			x
<b>HIRUDINAE</b>			
Erpobdellidae	2,9	4	x
<i>Erpobdella</i> sp. Blainville, 1918	2,9	8	x
Glossiphoniidae	2,7	4	x
<i>Placobdella</i> sp. Blanchard, 1893	2,5	4	x
<i>Helobdella</i> sp. Linnaeus, 1758	2,7	4	x
<i>Helobdella stagnalis</i> Linnaeus, 1758	2,7	4	
<b>GASTROPODA</b>			
Physidae	2,8	4	x
<i>Physa cubensis</i> Pfeiffer, 1839	2,8	4	x
Planorbidae	2,5	4	x
<i>Biomphalaria glabrata</i> Say, 1818	2,5	4	x
Ancyliidae	1,9	4	x
Lymnaeidae			x
<i>Lymnaea</i> sp. Say, 1817	1,8	2	x
<i>Pomacea haustum</i> (Reeve, 1856)	2,3	2	
Thiaridae	2,3	4	x
<i>Melanoides tuberculata</i> Müller, 1774	2,3	4	x
<b>BIVALVIA</b>			
Corbiculidae			x
<i>Corbicula fluminea</i> Müller, 1774	2,3	4	x
Sphaeriidae	1,9	2	
<i>Diplodon</i> sp. Spix, 1827	1,8	8	
<b>EPHEMEROPTERA</b>			
Baetidae	2	4	x
<i>Baetodes</i> sp. Needham & Murphy, 1924	1,9	4	
<i>Americabaetis</i> sp. Kluge, 1992	2	4	x
<i>Camelobaetidius</i> sp. Demoulin, 1966	1,5	8	x
Leptophlebiidae	1,6	4	x
cf <i>Meridialaris</i> sp. Peters & Edmonds, 1972	1,5	16	
<i>Farrodes</i> sp. Peters, 1971	1,6	4	x
<i>Thraulodes</i> sp. Ulmer, 1920	1,5	8	
<i>Traverella</i> sp. Edmunds, 1948	1,5	8	
<i>Hermanella</i> sp. Needham & Murphy, 1924	1,5	4	
<i>Ulmeritus</i> sp. Traver, 1956	1,5	4	x

(Continua...)

Táxons	"S"	"G"	(X)
Leptohyphidae	1.8	4	x
<i>Leptohyphes</i> sp. Eaton, 1882	1.5	4	x
<i>Tricorythodes</i> sp. Ulmer, 1920	1.7	4	x
<i>Tricorythopsis</i> sp. Traver, 1958	1.8	8	x
Caenidae	2	8	
Polymitarcyidae	1.7	8	x
<i>Asthenopus</i> sp. Eaton, 1871	1.7	8	x
PLECOPTERA			
Perlidae	1.3	4	x
<i>Anacroneuria</i> sp. Klapálek, 1909	1.3	4	x
<i>Kempnyia</i> sp. Klapálek, 1914	1	8	
Gripopterygidae	1.2	8	x
<i>Paragripopteryx</i> sp. Enderlein, 1909	1.2	8	
<i>Gripopteryx</i> sp. Pictet, 1841	1	16	x
<i>Tupiperla</i> sp. Froehlich, 1969	1.2	8	
<i>Tupiperla</i> cf. <i>gracilis</i> Burmeister, 1839	1.2	8	
ODONATA			
Libellulidae	1.7	4	x
Aeshnidae	1.4	4	x
<i>Aeshna</i> sp. Linnaeus (1758)	1.4	4	x
Gomphidae	1.9	4	x
<i>Aphylla</i> sp. Selys, 1854	1.9	16	
Lestidae	1.5	4	
Coenagrionidae	1.8	8	x
<i>Argia</i> sp. Rambur, 1842	1.8	8	
Calopterygidae	1.8	8	x
<i>Hetaerina</i> sp. Drury, 1773	1.8	16	
Naucoridae			x
<i>Ambrysus</i> sp. Stal (1862)			x
<i>Pelocoris</i> sp. Stal (1876)			x
MEGALOPTERA			
Corydalidae	1.7	4	x
<i>Corydalus</i> sp. Latreille, 1802	1.7	4	x
COLEOPTERA			
Elmidae	1.7	4	x
Chrysomelidae	2	8	
Psephenidae	1.2	4	x
<i>Psephenus</i> sp. DeKay, 1844	1.2	4	x
Hydrophilidae	1.6	4	
<i>Berosus</i> sp. Leach 1817	1.6	2	
Staphylinidae	1.9	8	
Dytiscidae	1.9	4	
Curculionidae	2	4	
Limnichidae	1.5	8	
Dryopidae	1.6	8	
Gyrinidae			x
CF: <i>Dineutus</i> sp. MacLeay (1825)			x
TRICHOPTERA			
Hydropsychidae Curtis, 1835	2.3	4	x
<i>Smicridea</i> sp. R McLachlan, 1871	2.3	4	x
<i>Leptonema</i> sp. FE Guerin, 1843	2.2	4	x
<i>Synoestropsis</i> sp. G Ulmer, 1905	1.4	4	
<i>Macronema</i> sp. FJ Pictet, 1836	1.5	16	x
Glossosomatidae Wallengren, 1891	1.6	8	x
<i>Protoptila</i> sp. N Banks, 1904	1.6	8	x

Táxons	"S"	"G"	(Conclusão) (X)
Polycentropodidae G Ulmer, 1903	2	4	x
<i>Polycentropus</i> sp. J Curtis, 1835	2	8	
<i>Cernotina</i> sp. HH Ross, 1938	1.7	4	x
<i>Cyrnellus</i> sp. N Banks, 1913	1.7	8	x
Hydroptilidae JF Stephens, 1836	2	4	x
<i>Leucotrichia</i> sp. ME Mosely, 1934	1.5	4	x
<i>Alisotrichia</i> sp. OS Flint, 1964	1.8	4	
<i>Hydroptila</i> sp. JW Dalman, 1819	1.8	4	
<i>Ochrotrichia</i> sp. ME Mosely, 1934	1.8	8	x
<i>Neotrichia</i> sp. KJ Morton, 1905	1.4	4	
<i>Oxyethira</i> sp AE Eaton, 1873	1.5	4	x
Hydrobiosidae G Ulmer, 1905	1.3	4	
<i>Atopsyche</i> sp. N Banks, 1905	1.3	4	
Philopotamidae JF Stephens, 1829	1.5	8	x
<i>Chimarra</i> sp. JF Stephens, 1829	1.5	8	x
Leptoceridae WE Leach, 1815	1.8	4	x
<i>Oecetis</i> sp. R MacLachlan, 1877	1.8	8	
<i>Nectopsyche</i> sp F Müller, 1879	1.5	4	x
Calamoceratidae G Ulmer, 1905	1.2	4	
<i>Phylloicus</i> sp. F Müller, 1880	1.2	4	
Odontoceridae Wallengren, 1891	1.2	16	
<i>Marilia</i> sp. F Müller, 1880	1.2	16	
Helicopsychidae G Ulmer, 1906	1.4	8	x
<i>Helicopsyche</i> sp. C von Siebold, 1856	1.4	8	x
LEPIDOPTERA			
Pyralidae	1.7	4	x
Noctuidae	1.9	4	
DIPTERA			
Blephariceridae	1.3	8	
<i>Rheotanytarsus</i> sp. Thinemann & Bause, 1913	2	4	
Chironomidae			x
<i>Chironomus</i> sp. Meigen, 1803	3.3	4	x
<i>Chironomus decorus</i> Johansen, 1905	3.3	4	
Dixidae	1.5	4	
Empidoidea	1.7	4	x
Tabanidae	1.9	2	x
Ceratopogonidae	1.8	4	x
Psychodidae	3.4	4	x
Tipulidae	1.8	4	x
Simuliidae	1.7	4	x
<i>Simulium</i> sp. Latreille, 1802	1.7	4	x
Muscidae	2	8	
Athericidae	1.8	8	
Stratiomyidae	3	4	
Syrphidae	3.5	8	
BACTERIA			
<i>Sphaerotilus natans</i> Kützing 1833 (só macro)	3.6	8	



Foto: Monica de Cassia S. Campos

FIGURA 15 – Larva de *Corydalus* sp.



Foto: Monica de Cassia S. Campos

FIGURA 16 – Larva de *Chimarra* sp.



Foto: Monica de Cassia S. Campos

FIGURA 17 – Larva de *Smicridea* sp.



Foto: Monica de Cassia S. Campos

FIGURA 18 – Larva de *Leptonema* sp.

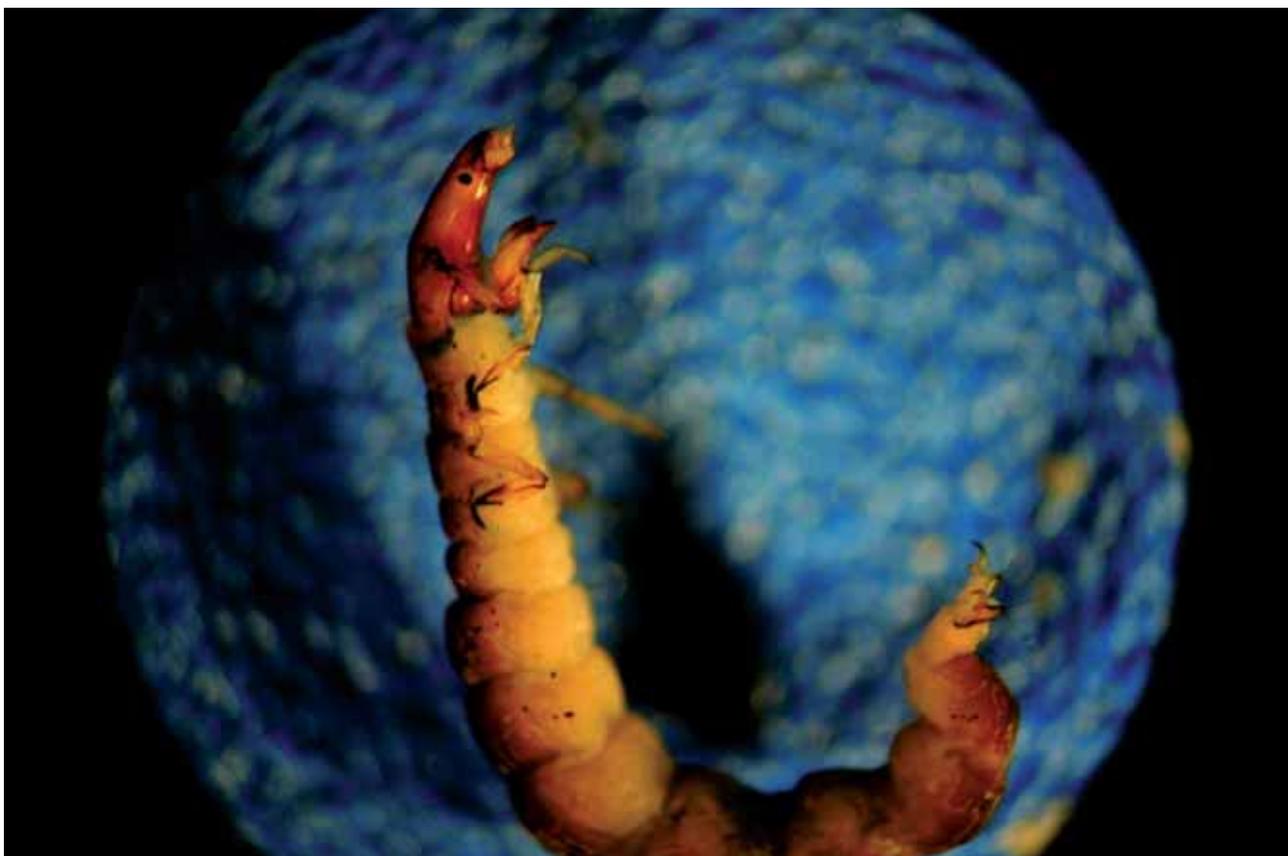


FIGURA 19 – Larva de *Atopsyche* sp.



FIGURA 20 – Larva de *Anacroneuria* sp.

FIGURA 21 – Larva de *Baetodes* sp.

As amostragens dos macrozoobentos foram realizadas no período de estiagem, quando as condições de colonização são mais favoráveis (FRIEDRICH *et al.* 1992). A grande maioria das estações foi amostrada no período de junho e julho de 2006, apenas as estações 4, 12, 15, 19, 21, e 22 foram amostradas em julho e agosto do mesmo ano. O amostrador utilizado foi um substrato artificial do tipo “tijolo com rede”, com uma área de 1850cm<sup>2</sup> (FIG. 22), adaptado do desenvolvido por Wantzen & Pinto-Silva (2006). Os substratos artificiais foram expostos com três réplicas junto ao fundo dos rios (FIG. 23), durante cerca de cinco semanas. O uso de substrato artificial neste trabalho foi de fundamental importância para o êxito da avaliação com

respeito à “qualidade de água”. Isto porque, a maioria dos cursos de água da rede de amostragem são predominantemente lamosos ou arenosos e relativamente profundos. Sendo assim e considerando que, o tipo de substrato do leito tem grande influência na composição da comunidade bentônica, optou-se por usar, um substrato artificial quantitativo, que reunisse características, que possibilitasse uma colonização mais diversificada dos bentos e que o fator ambiental de maior influência para a colonização fosse à condição da qualidade de água. Além disso, que essa padronização de substrato, permitisse uma melhor comparação dos resultados de qualidade de água entre as estações.



Foto: Monica de Cassia S. Campos

FIGURA 22 – Substrato artificial tijolo com rede.



Foto: Monica de Cassia S. Campos

FIGURA 23 – Estação 18 Rio Preto com substrato artificial.

Para complementar a avaliação biológica foi realizada, paralelamente as coletas biológicas, também medições físico-químicas da água. Os parâmetros temperatura da água, condutividade elétrica, pH e turbidez foram medidos no campo com um aparelho portátil de medições HORIBA U – 10. Os demais parâmetros; demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal (NH<sub>4</sub>), oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais foram analisados no laboratório do CETEC.

Para a identificação dos táxons dos macroinvertebrados coletados na rede de amostragem foram utilizadas as seguintes chaves taxonômicas: (BRINKHURST & MARCHESE, 1989; FROEHLICH, 1984; DOMINGUEZ *et al.*, 1992; HOLZENTHAL, 1998; EDMONDSON, 1959; HEC KMAN, 2002a; 2002b; LOPRETTO & TELL, 1995; MERRIT & CUMMINS, 1996; PEREZ & ROLDAN, 1988).

### Tratamento dos dados para avaliação da qualidade das águas

Para tratar os dados biológicos obtidos e avaliar a qualidade das águas através da

metodologia do sistema saprobiótico foi utilizada a fórmula de Zelinka & Marvan (1961), que determina o índice saprobiótico da estação de amostragem "S" conforme descrição a seguir:

onde:

Para a determinação das classes de abundância dos macrozoobentos "A" foram adotados 7 (sete) níveis conforme apresentado na tabela 3 abaixo.

$$"S" = \frac{\sum s \cdot A \cdot G}{\sum A \cdot G}$$

"S"= índice saprobiótico da estação de amostragem

s = valência saprobiótica do taxon

G = peso saprobiótico do taxon

A = classe de abundância do taxon

Considerando, que a qualidade da avaliação não depende apenas da presença ou ausência dos táxons indicativos, mas também da proporção destes táxons na amostra, a abundância dos organismos torna-se importante para o

TABELA 3  
Classes de abundância dos macrozoobentos "A"

Classe	Abundância	Macrozoobentos (número de indivíduos/m <sup>2</sup> )
1	raro	1 - 2
2	muito pouco	3 - 10
3	pouco	11 - 30
4	significativo	31 - 71
5	abundante	72 - 150
6	muito abundante	151 - 360
7	excessivo	> 360

cálculo do índice. Alguns táxons como, por exemplo, Baetidae, Simuliidae, e Trichoptera podem aparecer em grande número numa amostra e isto estar relacionado ao fato delas terem sido levadas pela correnteza acidentalmente. Outras situações desfavoráveis para os macrozoobentos, que não sejam o teor de carga orgânica podem também diminuir o número e abundância dos mesmos, como por exemplo: substâncias tóxicas na água, erosão contínua, que provoca movimentação do leito e muito material em suspensão e características hidráulicas extremas. Portanto, para o cálculo deste índice saprobiótico alguns critérios metodológicos tiveram que ser atendidos para que o índice pudesse ser considerado válido. Quais sejam:

- ocorrer na amostra da comunidade macrozoobentônica da estação de amostragem no mínimo de 5 (cinco) táxons, que possuam “s”, ou seja, valência saprobiótica;

- havendo menos de 5 (cinco) táxons na amostra é necessário que 1 (um) ou 2 (dois) táxons tenham abundância na classe 3 ou mais;

- a soma das abundâncias dos táxons em uma amostra precisa ser maior do que 8 (oito).

Em situações onde os critérios acima não puderam ser atendidos, o índice saprobiótico não pode ser calculado e os resultados foram considerados inválidos.

Exceção: quando a estação de amostragem for tão poluída, a ponto de só ocorrer um táxon em grande quantidade, como *Chironomus* sp., *Tubifex* sp. ou *Sphaerotilus natans*, nestas circunstâncias pode-se então ser usado o seu índice saprobiótico (ex.: 3,6) ou classe 5 para determinar a saprobidade e a qualidade de água da estação.

Os resultados da avaliação da qualidade das águas na bacia do rio Paraíba do Sul foram classificados conforme tabela 4 abaixo.

TABELA 4  
Classificação da qualidade das águas segundo o índice “ISMR” (JUNQUEIRA *et al.*, 2009)

Classe	Grau de saprobidade	Índice "S"	Qualidade da água	Padrão indicativo
1	oligosapróbio até oligo-beta-mesosapróbio	1,0 a <1,8	muito boa	azul
2	betamesosapróbio	1,8 a < 2,3	boa	verde
3	betamesosapróbio até alfa-mesosapróbio	2,3 a <2,7	regular	amarelo
4	alfamesosapróbio	2,7 a < 3,2	ruim	rosa
5	alfamesosapróbio até polisapróbio	3,2 a 4,0	muito ruim	vermelho

## Resultados

Com relação aos resultados das análises físico-químicas de água obtidos nas estações da rede de amostragem da bacia do rio Paraíba do Sul, cabe mencionar que, a condutividade elétrica pode fornecer informações sobre o teor total de sais dissolvidos na água, a sua ausência, bem como doses exageradamente altas, provocam efeitos nocivos. Os valores de condutividade elétrica encontrados na bacia do rio Paraíba do Sul variaram de 2,6 mS/cm-1 na estação 4, no rio do Salto, localizada no Parque de Ibitipoca até o valor de 135 mS/cm-1 encontrado na estação 3 localizada no rio Paraibuna a jusante de Juiz de Fora. O pH variou de 5,3

encontrado nas águas negras do rio do Salto (estação 4) a 7,5 no rio Xopotó (estação 11). A menor turbidez 1,23 NTU foi encontrada na estação do rio Preto dentro do Parque da Serra do Brigadeiro e a maior 21.1 NTU na estação 3, localizada no rio Paraibuna.

Em relação aos dados biológicos, os táxons de macroinvertebrados bentônicos encontrados nos substratos artificiais colocados nas estações da rede de amostragem na bacia do rio Paraíba do Sul, em 2006, são apresentados na tabela 2 assinalados com um X.

Os resultados da avaliação de qualidade da água obtida através do índice saprobiótico "ISMR" nas estações estudadas na bacia do rio Paraíba do sul em 2006 estão apresentados na tabela 5.

TABELA 5  
Resultados da avaliação de qualidade de água nas estações investigadas da bacia do rio Paraíba do Sul em 2006 obtidos através do índice saprobiótico "ISMR"

Estação	Grau de Saprobidade	Índice "S"	Qualidade da água
1	bms-ams	2,31	3 regular
2	ams	2,89	4 ruim
3	ams	2,81	4 ruim
4	os-bms	1,68	1 muito boa
5	os-bms	1,75	1 muito boa
6	bms-ams	2,37	3 regular
7	bms	1,95	2 boa
8	os-bms	1,78	1 muito boa
9	bms	1,98	2 boa
10	bms	2,13	2 boa
11	oms-bms	1,79	1 muito boa
12	bms	1,83	2 boa
13	bms	1,87	2 boa
14	bms	2,21	2 boa
15	os-bms	1,61	1 muito boa
16	bms	1,81	2 boa
17	bms	1,86	2 boa
18	os-bms	1,66	1 muito boa
19	os-bms	1,7	1 muito boa
20	bms	1,86	2 boa
21	bms	1,88	2 boa
22	bms	1,89	2 boa
23	bms	1,86	2 boa

---

## Discussão e conclusão

Observando os resultados da avaliação de qualidade das águas apresentados na tabela 5, percebe-se, que a estação 1 no rio Paraibuna apesar de ser a estação localizada mais a montante na rede de amostragem, já se encontra na classe 3, provavelmente em consequência dos esgotos domésticos, sem tratamento, lançados diretamente no rio Paraibuna, a montante da estação de coleta, na localidade de Chapéu D'uvas. Nas estações a jusante destas 2 e 3, também no rio Paraibuna, ocorre um nítido aumento nos índices saprobióticos, que atingem valores correspondentes a fortes teores de carga orgânica na água, ou seja, há uma queda acentuada na qualidade das águas. Estas estações estão localizadas cerca de 10 e 25 km respectivamente a jusante da cidade de Juiz de Fora. Portanto, este trecho do rio Paraibuna próximo a Juiz de Fora é receptor de uma grande quantidade de carga orgânica proveniente do lançamento de esgotos domésticos desta cidade, atualmente com 500 000 habitantes, que não são interceptados para estações de tratamento. Dentre estas, a estação 3, localizada a jusante da Represa Paciência da CEMIG, registra uma pequena melhora nas condições saprobióticas da água em relação à estação 2 a montante, contudo ela ainda permanece na classe 4 de qualidade de água (ruim). Na estação 6, localizada cerca de 20 km a jusante da estação 3 e também a jusante da confluência com o rio do Peixe, que possui

qualidade muito boa, as águas do rio Paraibuna se enquadram na classe 3 correspondente a uma condição regular. Nas estações do rio Paraibuna localizadas mais próximas a sua foz 8 e 9 há uma melhora nas condições do rio e a estação 8 chega ao grau de saprobidade oligo-betamesosapróbica na classe 1. Esta recuperação, que acontece nestas estações em relação às estações de montante, está relacionada ao processo de autodepuração da matéria orgânica ao longo destes trechos do rio, que é facilitado pelo aumento da vazão e pela ocorrência de várias corredeiras. Todavia, o rio Paraibuna sofre uma ligeira piora na qualidade das águas, na estação 9, após a desembocadura do rio Cágado. Na estação 4, situada na cabeceira do rio Paraibuna, dentro do Parque Estadual do Ibitipoca, foi constatado o melhor índice saprobiótico 1,68, dentre todas as estações da bacia do rio Paraibuna, que corresponde à classe 1. Com relação aos principais afluentes do rio Paraibuna, ou seja, rio do Peixe (estação 5), foi registrado índice 1,75 correspondente a classe 1, indicando ter uma qualidade de água melhor do que a do outro afluente do rio Paraibuna, rio Preto (estação 7), que apresentou classe 2 (betamesosapróbica).

Na bacia do rio Pomba, na estação 10, localizada mais a montante na rede de amostragem no rio Pomba foi encontrada classe 2 (betamesosapróbica) e o rio Pomba permanece nesta mesma classe de qualidade de água nas demais estações da bacia. Porém, na estação 14 do rio Pomba,

---

localizada cerca de 5 km, a jusante da cidade de Cataguases foi detectada uma piora nas condições saprobióticas da água do rio em relação às estações de montante, com índice de 2,21 em 2006. Na estação mais a jusante da rede de amostragem no rio Pomba, estação 16, registrou-se uma ligeira melhora na qualidade da água em relação às médias dos índices saprobióticos das estações de montante, porém esta se enquadrou como todas as outras estações localizadas ao longo do curso do rio Pomba, na mesma classe de qualidade 2, correspondendo a uma boa qualidade. Na bacia do rio Pomba a estação 15, localizada na Reserva da Lapinha, foi a que registrou o melhor índice saprobiótico 1,61.

Na bacia do rio Muriaé, tanto a estação 17 localizada a montante da cidade de Muriaé como a estação 20, localizada a jusante em Patrocínio de Muriaé, apresentaram classe 2 de qualidade de água. Com relação aos afluentes do rio Muriaé, constatou-se que, além da estação 18, localizada no Parque Estadual do Brigadeiro, também a estação 19, no rio Glória, apresentou índices saprobióticos na classe 1 (oligo-betamesosapróbica). A estação 21, localizada no rio Carangola, a jusante da cidade de Carangola, teve condições de água pior e enquadrou-se na classe 2 (betamesosapróbica).

Ambas as estações localizadas no rio Paraíba do Sul, ou seja, estação 22 e 23, enquadraram-se na mesma classe de qualidade 2 correspondente ao grau de saprobidade betamesosapróbica.

Cabe ainda mencionar que foi constatada a ocorrência de macroinvertebrados transmissores de doença em várias estações estudadas na bacia do rio Paraíba do Sul, com uma grande abundância de gastrópodes, principalmente do gênero *Physa*, nas estações 2 e 3 localizadas no rio Paraibuna, a jusante de Juiz de Fora. Além disto, houve uma distribuição bastante expressiva do caramujo *Biomphalaria* sp. vetor da esquistossomose mansônica na região, que foi detectado nas estações 1, 2, 3 e 6 no rio Paraibuna, na estação 11 do rio Xopotó, na bacia do rio Pomba e na estação 23 no rio Paraíba do Sul, o que torna estas estações impróprias ao uso de balneabilidade, apesar de enquadrarem-se em classes de qualidade muito boa e boa, como é o caso das estações 11 e 23.

Observando o mapa de qualidade de água da bacia do rio Paraíba do Sul apresentado na figura 1, constata-se que 50% das estações já se encontram na classe 2 (betamesosapróbica) na rede estudada, correspondente a uma condição boa. Há duas estações na classe 4 com forte poluição orgânica, localizadas no rio Paraibuna a jusante de Juiz de Fora e duas (estações 1 e 6) que registraram situação crítica na classe 3, também no mesmo rio.

### **Considerações finais**

O uso de índices bióticos para monitorar a qualidade das águas, além de permitir uma avaliação da qualidade das águas como os demais métodos analíticos

---

físico- químicos, fornece também uma avaliação das condições ambientais do ponto de vista da sua comunidade aquática, registrando também o seu grau de biodiversidade e permitindo ainda detectar, no caso dos macroinvertebrados, a ocorrência de organismos transmissores de doenças de veiculação hídrica, possibilitando assim importantes informações complementares para determinação dos potenciais usos do ambiente aquático.

A avaliação da qualidade das águas obtida através de índices da metodologia do sistema saprobiótico, possibilita uma avaliação mais precisa em biomonitoramentos, quando comparada os demais métodos bióticos, que identificam os macroinvertebrados, apenas até o nível taxonômico de família, pois podem detectar alterações no ambiente, durante o monitoramento, em níveis taxonômicos mais específicos (gênero e espécie). Por outro lado, além de considerarem as valências respectivas de tolerância à poluição de cada táxon, o método do sistema saprobiótico considera também os seus pesos como bioindicador e a abundância dos táxons nas estações investigadas, o que não é levado em conta nos outros métodos de índices bióticos. A avaliação deste conjunto de variáveis proporciona ao método saprobiótico uma maior precisão na avaliação da qualidade de água.

Frente aos resultados de qualidade das águas obtidos através deste trabalho na bacia do rio Paraíba do Sul ficou bastante

evidente a necessidade da tomada de medidas por parte das entidades públicas responsáveis pelo saneamento básico nesta bacia, para evitar as cargas de poluição orgânica, que vem sendo lançadas sem um tratamento prévio, em diversos trechos de cursos de água, o que provoca uma degradação significativa da fauna aquática, como constatado através dos índices saprobióticos. O problema é mais agravante principalmente nos trechos de cursos de água a jusante de centros urbanos, onde uma carga maior de esgotos brutos, geralmente domésticos lançados diretamente nos corpos de água causa a morte dos organismos aquáticos mais sensíveis, sobrevivendo apenas espécies saprobiontes capazes de suportar maiores cargas orgânicas. Portanto, a falta de “Estações de Tratamento de Águas Residuais – ETE” efetivas nesta bacia acarreta a destruição da nossa biodiversidade nativa, tornam a água imprópria também ao uso humano e, por fim, favorecem a transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Por outro, os estudos também comprovaram a grande importância da criação e manutenção das unidades de conservação para a preservação da integridade ecológica dos nossos ecossistemas aquáticos tropicais. A preservação das condições ecológicas prístinas nestas unidades ambientais, em todos os seus aspectos, não só no que diz respeito à qualidade de água, mas também da sua estrutura ecomorfológica e a sua biocenose é de fundamental importância

para servirem de modelos de referência nas metodologias de avaliação da qualidade ecológica de ambientes aquáticos uma vez que tais metodologias estão sendo atualmente amplamente utilizadas em âmbito internacional e também já constituem proposta de estudo pelo Estado de Minas Gerais com vistas a subsidiar a gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas em consonância ao disposto na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1/2008.

## Referências

- ARAÚJO, P. R. P. Biomonitoramento da qualidade da água do Guandú e do Paraíba. **Revista FEEMA**, Rio de Janeiro, p. 22-25, 1995.
- BATISTA, D. F.; BUSS, D. F.; EGLER, M.; GIOVANELLI, A.; SILVEIRA, M. P.; NESSIMIAN, J. A multimetric index bases on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. **Hydrobiologia**, n. 575, p. 83-94, 2007.
- BRINKHURST, R. O. & MARCHESE, M. R. **Guia para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sud y Centroamerica**. 2. ed. Santo Tomé, Argentina: Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral, 1989. 179 p.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Padronização e consolidação metodológica de um índice biótico de qualidade de água para ambientes lóticos: bacia do rio Paraíba do Sul**. Belo Horizonte: CETEC, 2007. 106 p. Relatório Técnico.
- COTA, L.; GOULART, M.; MORENO, P.; CALLISTO, M. Rapid assesment of river water quality using an adaptaded BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Verh. International. Verein. Limnology*, v. 28, p.1713-1717, 2002.
- DE PAWN, N.; VANHOOREN, G. Method for biological quality assessment for watercourses in Belgium. **Hydrobiologie**, v. 100, p.153-168, 1983.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN 38 410-1**. German standard methods for the examination of water, waste water and sludge – Biological-ecological analysis of water (group M) Berlin, 2004. 80 p. Part 1: Determination of the saprobic index in running waters (M1)
- DOMINGUEZ, E.; HUBBARD, M. D.; PETERS, W. L. Clave para las ninfas y adultos de la familias y gêneros de Ephemeroptera (insecta) sudamericanos. **Biol. Acuatica**, La Plata, v.16. p. 1-39, 1992.
- EDMONDSON, W.T. **Fresh-water biology**. 2. ed. New York: J. Wiley, 1959. 1248 p.
- FRIEDRICH, G., CHAPMAN, D.; BEIM, A. The use of biological material. In: UNESCO – WHO - UNEP. **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London:Chapman & Hall, 1992. p.171-230.
- FRIEDRICH, G. Eine revision des Saprobien-systems. **Z. Wasser- Abwasser-Forsch.**, v. 23, p.141-152, 1990.
- FRIEDRICH, G.; HERBST, V. Eine erneute Revision des Saprobien-systems – weshalb und wozu?. **Acta Hydrochim. Hydrobiol.**, v. 32, n. 1, p. 61-74, 2004.
- FROELICH, C. G. Brazilian Plecoptera 4. Nymphs of perlidae genera from southeastern Brazil. **Anal. Limnol.**, v.20, n.1-2, p. 43-48, 1984.
- HAASE, R.; NOLTE, U. The invertebrate species index (ISI) for streams in Southeast Queensland, Australia. In: **Ecological Indicators**, 2007.
- HEC KMAN, C. W. **Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Ephemeroptera** –Illustrated keys to known families, genera, and species in South America. London: Kluwer Academic Publishers, 2002a. 419 p.
- HEC KMAN, C. W. **Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Plecoptera** –Illustrated keys to known families, genera, and species in South America. London: Kluwer Academic Publishers, 2002b. 329 p.
- HOLZENTHAL, R. W. **Neotropical Trichoptera: taxonomy and biology of adults and larvae**. Curitiba - Universidade Federal do Paraná; Belo Horizonte - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1998. 80 p.

---

JUNQUEIRA, M. V.; CAMPOS, M. C. S. Notas preliminares sobre o desenvolvimento de métodos de bioindicadores de qualidade de água em ambientes lóticos tropicais. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Paraná, v. 34, n.1, p.109-124, 1991.

JUNQUEIRA, M. V.; CAMPOS, M. C. S. Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 10, n. 2, p. 125-135, 1998.

JUNQUEIRA, M. V.; FRIEDRICH, G.; ARAUJO P. R. A Saprobic index for biological assessment of river water quality in Brazil (Minas Gerais and Rio de Janeiro states). **Environmental Monitoring and Assessment**, v.163, p. 545-554, 2010.

KARR, J. R. Biological monitoring: challenges for the Future. In: LOEB, S. L. & SPACIE, A (Eds.), **Biological monitoring of aquatic systems**. Boca Raton: CRC. 1994.

LOPRETTO, E. C.; TELL, G. **Ecosistemas de águas continentales**: metodologias para su estudio. La Plata, Argentina: Ediciones Sur, 1995. 1401p.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 3.ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publ., 1996. 706 p.

MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G.; GODOY, B. S. **Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos**: adaptação do índice biótico BMWP - A Bacia do Rio Meia Ponte – GO. *Oecologia Brasiliense*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3. p. 553-563, 2008.

PEREZ, G. R. ; ROLDAN, G. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia**. Bogotá: Universidade de Antioquia: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 1988. 217 p.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Nova York: Chapman & Hall, 1993b. 488 p.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1984. 532 p.

WANTZEN, K.M.; PINTO-SILVA, V. Uso de substrato artificial para avaliação de impactos do assoreamento sobre macroinvertebrados bentônicos em um Córrego de Cabeceiras no

Pantanal do Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**. v.11 n. 1, p 9-107, 2006.

ZELINKA, M.; MARVAN, P. Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. **Arch. Hydrobiology**., v. 57, p. 389-407, 1961.

## Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), que tornaram possível a realização deste trabalho, a bióloga Karina C. Alves pelas identificações taxonômicas e as operadoras de *soft* Ângela E. Gonçalves Oliveira e Edna Bueno pela confecção do mapa.

---

## Em destaque:

### **Ecosistemas lacustres montanos: biodiversidade e grau de vulnerabilidade à ação antrópica**

Os ecossistemas aquáticos lacustres têm sido amplamente estudados no que se refere à biodiversidade e processos funcionais. De maneira geral, grande parte do arcabouço teórico descrito para lagos, incluindo os sistemas tropicais, baseia-se no funcionamento de lagos profundos, que apresentam processos de estratificação térmica (WETZEL, 2001).

Os lagos montanos são em geral rasos, caracterizados por apresentarem profundidade inferior a 3m e ausência de estratificação térmica, apresentando características ecológicas peculiares em relação aos lagos mais profundos. Os lagos montanos de altitude estão, em geral, sujeitos à colonização por macrófitas, o que modifica intensamente a sua paisagem, aumentando a heterogeneidade ambiental e favorecendo a criação de nichos espaciais.

A intensa interação sedimento-água e a colonização vegetal propiciam a ocorrência de processos ecológicos únicos, como decomposição, ciclos peculiares de carbono dissolvido e particulado, teias microbianas e sedimentação. Por serem rasos, estes lagos estão amplamente sujeitos à ação eólica, radiação solar e às variações climáticas, o que os torna particularmente interessantes como sinalizadores ecossistêmicos de processos climáticos. Além disso, os ecossistemas

montanos são altamente vulneráveis à deposição atmosférica de poluentes, o que os torna ainda importantes testemunhos da magnitude e extensão de impactos derivados de atividades humanas.

Muito pouco se conhece sobre a biodiversidade e processos ecológicos em lagos de altitude no Brasil. Pela própria singularidade topográfica, que restringe os ecossistemas montanos a áreas circunscritas da paisagem brasileira, e ainda devido à incipiente diversificação de estudos limnológicos, esses ecossistemas singulares têm recebido pouca atenção dos ecólogos aquáticos. Entretanto, as lagoas de altitude podem representar verdadeiros laboratórios evolutivos naturais, nos quais o grau de especiação e endemismo pode ser particularmente expressivo (PSENNER, 2002).

Diversos lagos de altitude são encontrados na região conhecida como “Quadrilátero Ferrífero”, em Minas Gerais (OLIVEIRA, ENDO & OLIVEIRA, 2005). Historicamente, o Estado se notabilizou pela exploração de recursos minerais, notadamente minério de ferro e pedras preciosas nesta região, que ainda hoje corresponde a uma parcela expressiva da renda per capita estadual. Essas atividades, entretanto, foram e ainda são responsáveis por um panorama de extinções e devastação ambiental, que acabaram por elevar à condição crítica de conservação importantes biomas brasileiros como o Cerrado e a Mata Atlântica.

Os ecossistemas montanos da região do Quadrilátero Ferrífero, situados em

---

altitudes de aproximadamente 1500 m, estão inseridos em uma estrutura geológica denominada “canga”, caracterizada por conglomerados ferruginosos superficiais, encontrados nas montanhas formadas por depósitos de minério de ferro, com solos ferruginosos e geralmente ácidos. Neste contexto, os sistemas lacustres e sua biota estão sujeitos, além das forçantes climáticas, aos processos seletivos desencadeados pela estrutura geológica de entorno.

Os lagos temporários de altitude são sistemas de extrema importância geológica-ambiental. Em função do seu contexto geológico e escala temporal relativamente curta, caracterizam habitats bastante sensíveis. Do ponto de vista ambiental, os dados preliminares sobre a diversidade biológica indicam a presença de espécies ameaçadas de extinção. Os resultados preliminares obtidos em estudos de ecossistemas lacustres montanos apontam, ao contrário do descrito para vertebrados, a ocorrência de uma fauna de invertebrados típica desses ecossistemas e, especialmente para alguns microcrustáceos como copépodos, com uma alta proporção de espécies exclusivas (BRASIL, 2002). Os dados biológicos apresentados, aliados à grande fragilidade do ecossistema e ao grau de ameaça existente, justificam que essas áreas sejam caracterizadas como de alta prioridade de conservação. Em um claro exemplo da vulnerabilidade desses ambientes lacustres, um incêndio de grandes proporções no Parque Estadual do Itacolomi (Ouro Preto), em

2009 queimou toda a Lagoa Seca, um dos lagos intermitentes do Parque, alterando drasticamente a sua paisagem e sua biota (FIG. 1).

Estudos iniciados em 2008 nestes lagos rasos de altitude têm demonstrado a singularidade da fauna de invertebrados, com a presença abundante de organismos exclusivamente associados a plantas, como microcrustáceos dos gêneros *Alona*, *Chydorus* e *Simocephalus*. Em uma pesquisa que vem sendo realizada com o zooplâncton, uma comunidade composta por microcrustáceos, protozoários e rotíferos, estamos obtendo informações valiosas sobre os processos de recomposição da biodiversidade aquática. Os organismos do zooplâncton podem produzir ovos especiais que resistem à seca, chamados de “ovos de resistência”. Atualmente, estamos averiguando se o sincronismo entre o início do período seco e a formação desses ovos de resistência pode ser afetado pela abundância de predadores naturais das populações, ou apenas aos eventos climáticos sazonais. Se os ovos forem produzidos apenas em função dos períodos de seca extrema, essas estruturas podem representar importantes indicadores biológicos de mudanças ecossistêmicas de larga escala.

Os dados obtidos até o momento para lagos montanos, em todo o mundo, apontam para o alto grau de vulnerabilidade desses ambientes aos impactos da ação humana, mesmo em ambientes distantes de grandes aglomerados humanos (MURPHY, THOMPSON & VINEBROOKE,

A)



B)



FIGURA 1 - Lagoa Seca no Parque Estadual do Itacolomi:  
A) Antes do incêndio de 2009;  
B) Depois do incêndio de 2009.

---

2010). A observação de sua dinâmica e de suas comunidades, de suas espécies-chave e de suas interações ecológicas pode fornecer novas e importantes informações para a conservação desses ambientes aquáticos singulares.

**Eneida Maria Eskinazi Sant'Anna**

Professora Adjunta. Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente. Laboratório de Ecologia Aquática. E-mail: eskinazi@iceb.ufop.br

**Luciana Diniz Freitas**

Mestranda do PPG em Ciências da Engenharia Ambiental. Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. E-mail: lucianadfreitas@gmail.com

**Raquel Aparecida Moreira**

Graduanda Ciências Biológicas. UFOP. DEBIO. Laboratório de Ecologia Aquática. E-mail: raquel.moreira87@yahoo.com.br

**Referências**

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros**. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas 2002. 404 p.

MURPHY, C.A.; THOMPSON, P.L.; VINEBROOKE, R.D. Assessing the sensitivity of alpine lakes and ponds to nitrogen deposition in the Canadian Rocky Mountains. **Hydrobiologia**, v. 648, p. 83-90, 2010. (Número especial)

OLIVEIRA, N.V.; ENDO, I.; OLIVEIRA, L.G.S. Geometria sinclinal Gandarela baseada na deconvolução Euler 2D e 3D – Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, p. 221-232, 2005.

PSENNER, R. Alpine waters in the interplay of global change: complex links – simple effects? In: STEININGER, K. W. & H. WECK-HANNEMANN. **Global Environmental Change in Alpine Region. New Horizons in Environmental Economics**. Cheltenham: Edward Elgar, 2002. 271 p.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. USA: Academic Press, 2001. 1006p.