

# Conservação de peixes na bacia do rio Paraíba do Sul

Por muito tempo, a bacia do rio Paraíba do Sul foi uma excelente área de trabalho para pescadores profissionais. Nas últimas décadas, porém, a diversidade e a quantidade de peixes vêm sendo reduzidas por diversos fatores. A conservação dessa fauna e a recuperação dos estoques naturais dependem de medidas que evitem a degradação do rio, baseadas em estudos científicos sobre a ictiofauna. Por

**Alexandre Wagner S. Hilsdorf**, do Núcleo de Ciências Ambientais da Universidade de Mogi das Cruzes (SP), e **Miguel Petreire Jr.**, do Departamento de Ecologia da Universidade Estadual Paulista.

“**A**inda bem que não encaminhei ninguém para a pesca...” Essas palavras são de João da Silva Martins, 60 anos, um dos mais antigos ‘piraquaras’ (pescadores) da cidade de Cruzeiro (SP), situada às margens do rio Paraíba do Sul. A triste afirmação reflete o quadro atual do rio e de seus tributários quanto à diversidade e à quantidade de peixes.

O rio Paraíba do Sul é nacionalmente conhecido, pois em suas águas foi encontrada a imagem de Nossa Senhora Aparecida, padroeira do Brasil. O nome ‘paraíba’, de origem tupi, significa ‘escabroso, pedregoso, áspero’. Foi dado pelos índios que viviam na região, provavelmente em função das águas bar-

rentas e encachoeiradas e dos bancos de areia e outros obstáculos, que dificultam sua navegação. Com cerca de 1.000 km, o Paraíba do Sul é considerado o maior rio de várzeas do Sudeste. Seu curso começa no município de Paraibuna (SP), a partir da confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, e atravessa o Rio de Janeiro de sul a norte. A foz está situada em Atafona (RJ) e sua bacia, com área de cerca de 57 mil km<sup>2</sup>, espalha-se pelos estados de São Paulo (38%), Rio de Janeiro (38%) e Minas Gerais (24%) (figura 1).

Em sua parte inicial, o rio flui na direção sudoeste. Porém, ao encontrar os maciços de granito de Guararema (SP), inverte seu rumo em 180° e segue na direção noroeste. Em razão desse curso atípico, alguns geógrafos defendem a hipótese de que as bacias dos rios Paraíba e Tietê tiveram algum tipo de conexão no passado, o que é reforçado por estudos que mostram semelhanças entre as comunidades de peixes das duas regiões.

Os recursos hídricos de todo o vale do Paraíba sofrem impactos desde que a região começou a ser ocupada por fazendas, ainda no período colonial. Essa região passou por vários ciclos agropecuários, desde a implantação das culturas de café e cana-de-açúcar até a formação de pastos para pecuária leiteira. Tais atividades, implantadas sem o devido manejo conservacionista, levaram à derrubada de matas ciliares, ao assoreamento, à poluição das águas (por fertilizantes químicos, pesticidas e outras substâncias) e a inúmeros outros problemas ambientais.



Figura 1. A quantidade e a diversidade de peixes no rio Paraíba do Sul, que têm cerca de 1.000 km de extensão, vêm sendo reduzidas por diversos fatores

Em meados do século 20, iniciou-se um período de grande industrialização, tanto no trecho paulista (em especial de São José dos Campos a Guaratinguetá) quanto na parte fluminense (após a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional, em Volta Redonda). O estabelecimento de várias indústrias ao longo da rodovia Presidente Dutra (Rio-São Paulo) contribuiu para a contínua deterioração dos rios da região. As águas do Paraíba do Sul são utilizadas para abastecimento por várias cidades ao longo de seu curso, e muitas lançam no rio os esgotos domésticos sem tratamento adequado. Hoje, o aumento da extração de areia também vem acelerando a degradação ambiental do rio.

Além dos impactos decorrentes das atividades agrícolas e industriais, essa bacia tem sido afetada pela implantação de várias represas para geração de eletricidade e/ou captação de água. Entre as maiores, podem ser citadas a de Paraibuna (figura 2), em São Paulo, formada pelas barragens de Paraibuna e Paraitinga, e a do Funil, no Rio de Janeiro (perto da divisa com São Paulo).

Se por um lado os reservatórios formados geram energia elétrica, fornecem água e controlam enchentes em áreas ribeirinhas, por outro afetam diretamente a sobrevivência das comunidades de peixes. A interrupção de rios por barragens altera os fluxos de água, de sedimentos e de nutrientes, o que perturba drasticamente a dinâmica dos processos hídricos de uma bacia. Barragens também interferem no ciclo de vida dos organismos aquáticos e produzem alterações importantes nos ecossistemas ribeirinhos. A mudança de ambiente lótico (água corrente) para lêntico (água parada) afeta os peixes de várias maneiras: interrompe rotas migratórias e elimina obstáculos naturais, importantes para a reprodução de espécies de piracema; regulariza a vazão do rio, fator que influencia o ciclo reprodutivo de peixes que desovam em ninhos; reduz a vegetação ciliar, importante fonte de alimento; e causa o desaparecimento das lagoas marginais, fundamentais para a eclosão de ovos e para a fase juvenil de muitas espécies de peixes.

### Sobre a diversidade de peixes

Os peixes representam mais da metade (51%) de todos os vertebrados vivos. Das cerca de 25 mil espécies descritas, quase 10 mil vivem em águas doces. Esse grupo de vertebrados é importante não só pela quantidade de espécies, mas também por ser uma relevante fonte de proteínas para várias comunidades humanas. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentos e Agricultura (FAO), 15% de toda a proteína animal consumida no mundo vêm de pescados. A oferta mundial, proveniente da pesca e da aquicultura, atingiu 90 mi-



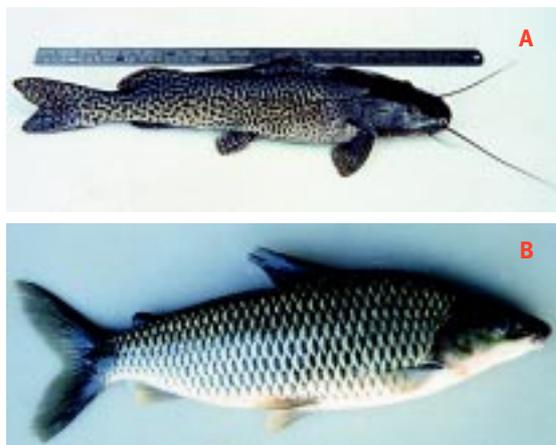
lhões de toneladas em 1996, com uma projeção de demanda, para 2010, entre 110 e 120 milhões de toneladas.

Apesar da grande importância dos peixes para o homem, pouco se conhece sobre sua diversidade. Estima-se que 20% da ictiofauna de água doce do mundo estejam extintos ou ameaçados.

Na bacia do Paraíba do Sul, além das espécies endêmicas (que só ocorrem ali), são encontradas outras, introduzidas de propósito ou não. O dourado (*Salminus maxillosus*), peixe da bacia do rio Paraná, introduzido deliberadamente em 1946, aclimatou-se perfeitamente. Também já foram capturadas no Paraíba do Sul espécies como tilápias (de origem africana) e tucunaré (da bacia do rio Amazonas), as quais são possivelmente oriundas de estações de piscicultura. No passado, a introdução de espécies exóticas era vista com interesse para o aumento da pesca comercial. Hoje, porém, é consenso que tal prática é desaconselhável e pode ter contribuído para a redução e até o desaparecimento de espécies locais.

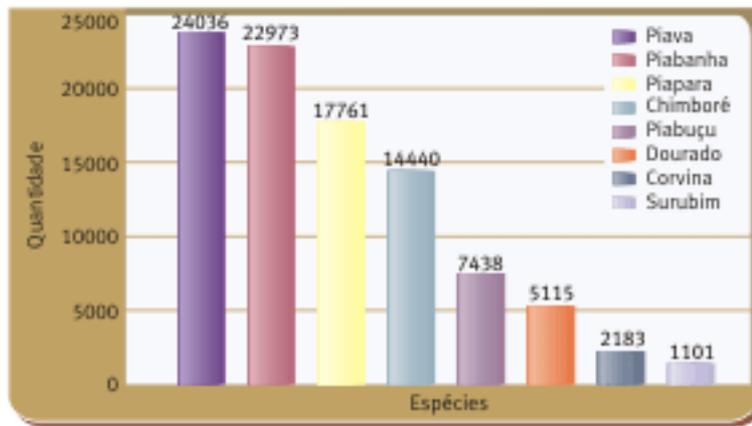
Levantamentos ictiológicos mais recentes registraram cerca de 160 espécies de água doce no rio Paraíba do Sul, além de outras 37 que vivem na área do estuário, junto ao oceano Atlântico (figura 3). A maioria das espécies pertence à ordem dos Siluri-

**Figura 2.** Com a construção da barragem de Paraibuna, o Paraíba do Sul deixou de ser formado por dois rios – hoje, ele nasce nos vertedouros da represa



**Figura 3.** O surubim-do-paraíba (A) e o piaua-palhaço e a piava-bicuda (B) são espécies nativas da bacia do rio Paraíba do Sul

**Figura 4.** Volumes capturados de oito espécies de valor comercial no vale do Paraíba do Sul em 1950



formas, como bagre-guri (*Genidens genidens*), mandi (*Pimelodella eigenmanni*) e surubim-do-paraíba (*Steindachneridion parahybae*). O segundo grupo em espécies é o dos Characiformes, como lambaris (*Astyanax* spp.), traíra (*Hoplias malabaricus*), piabanha (*Brycon insignis*), curimbatá (*Prochilodus scrofa*) e outros. Em seguida, vêm as ordens Cyprinodontiformes, Perciformes e Synbranchiformes.

### A pesca no Paraíba do Sul

A pesca na bacia do Paraíba do Sul foi uma atividade importante no passado, como indicam os registros da colônia de pescadores Emílio Varoli (Z-11), em Pindamonhangaba (SP). Ainda existem colônias em atividade, como a de São Fidélis (RJ), perto da foz do rio. Em 1951, segundo os registros da antiga Divisão de Proteção e Produção de Peixes e Animais Silvestres (Subdivisão de Caça e Pesca), do governo paulista, 26 espécies (373 toneladas, no total) foram comercializadas em mercados regionais. Dessas espécies, 12 eram consideradas de valor comercial, entre elas a piabanha (figura 4).

Esse peixe é um exemplo da degradação do rio nas últimas décadas. A piabanha (*B. insignis*) ainda freqüente as lendas dos velhos piraquaras, que falam de um peixe ‘bom de anzol’ e ‘brigador’. Levantamentos da produção pesqueira na região paulista do Paraíba do Sul mostram que a captura desse peixe atingiu 24 toneladas em 1950 e 15 toneladas em

**Figura 5.** A piabanha, uma das espécies mais importantes para a pesca comercial há 50 anos, hoje quase desapareceu do rio



1951. Hoje, estoques reduzidos da piabanha (figura 5) ocorrem em alguns trechos do rio e afluentes no Rio de Janeiro – o peixe está praticamente extinto no trecho paulista. Um dia abundante, a espécie agora virou história de pescador.

### A conservação da ictiofauna

A construção de barragens exige a adoção de medidas que reduzam os impactos sobre as populações de peixes durante e após a

formação do reservatório (ver ‘Ambiente, represas e barragens’, em CH n° 27). Várias ações têm sido utilizadas para preservar essa fauna em rios ‘divididos’ por barragens. Algumas, como construir escadas de peixes e elevadores, transportar (em veículos) os peixes da área abaixo da barragem para o reservatório ou mesmo implantar estações de piscicultura para reproduzir espécies nativas para futuros repovoamentos, têm sido testadas em todo o mundo.

A construção de escadas e o repovoamento são as estratégias mais conhecidas e usadas. No Brasil, a primeira exigência de escadas para peixes surgiu em 1927, na Lei 2.250 (regulamentada em 1928), mas essa lei não levava em conta as particularidades da bacia e a altura da represa. Em 1938, entrou em vigor o primeiro Código de Pesca federal (Decreto-lei 794), substituído em 1967 pela ‘Lei da Pesca’ (Decreto-lei 221). Mas só em 1977 foi determinado, pela antiga Superintendência do Desenvolvimento da Pesca (hoje incorporada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), que qualquer entidade envolvida na construção de barragens deve adotar sistemas ou métodos de proteção e conservação dos recursos biológicos aquáticos.

Junto à barragem de Paraibuna funciona, desde 1981, a estação de aqüicultura e hidrobiologia da Companhia Energética de São Paulo (Cesp), para o estudo de técnicas de reprodução e repovoamento de espécies nativas dos rios da bacia do Paraíba do Sul (figura 6). Espécies como piabanha, curimbatá, lambaris, piava-bicuda (*Leporinus conirostris*), piau-palhaço (*Leporinus copelandi*) e outras são anualmente submetidas a desova induzida por hormônios e suas crias reintroduzidas nos rios da região. Em Santo Antônio de Pádua (RJ), funciona o Projeto Piabanha, que vem realizando

repopoamentos com essa espécie, envolvendo populações locais e populações ribeirinhas.

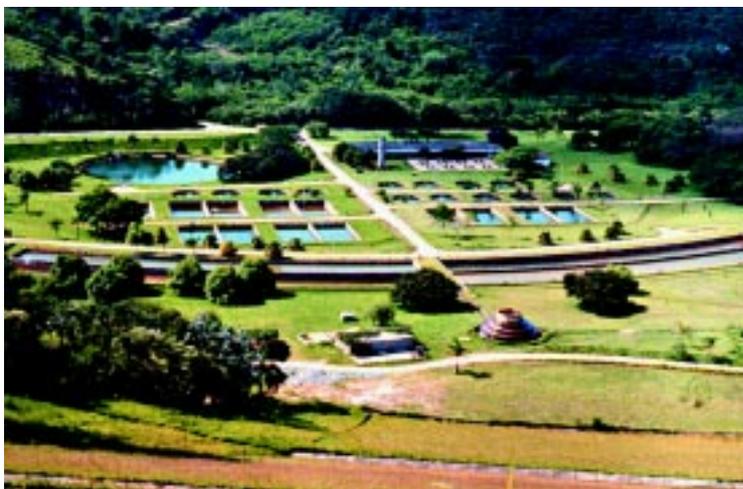
### O DNA a serviço da conservação

A conservação de um determinado recurso biológico aquático exige o conhecimento de variáveis ecológicas, fisiológicas e comportamentais, importantes para definir como uma população sobrevive e se reproduz em diferentes ambientes. O conhecimento prévio da distribuição da variabilidade genética dentro e entre populações de uma espécie é uma etapa importante para o planejamento e o sucesso de programas de conservação *in situ* e de repovoamento. Para isso, deve-se levar em conta se uma espécie está distribuída como apenas uma população ou como populações geneticamente diferentes e qual o grau de interação entre elas. No caso dos peixes de água doce, suas populações em geral se distribuem por locais isolados, o que pode minimizar as trocas gênicas entre elas, levando a processos de diferenciação genética.

Estudos com marcadores bioquímicos e moleculares são ferramentas importantes para o manejo de populações selvagens e em cativeiro, pois permitem evidenciar o grau de isolamento de uma população. A eletroforese de proteínas ainda é uma técnica eficiente e muito utilizada para a identificação de proteínas diferentes e, a partir daí, dos genes que as originaram.

Graças aos avanços recentes nas técnicas de manipulação do material hereditário (DNA), genomas de diversas espécies têm sido mapeados, revelando vários marcadores genéticos e abrindo um campo vasto para pesquisas sobre a evolução e a estrutura genético-populacional de inúmeras espécies de peixes.

Um exemplo de estudo (utilizando marcadores moleculares do DNA mitocondrial) foi realizado com a pirapitinga-do-sul (*Brycon opalinus*), endêmica dos rios de cabeceira da bacia do Paraíba do Sul (figura 7). O estudo permitiu conhecer a variabilidade genética das populações selvagens e em cativeiro, dados valiosos para planejar a formação e o manejo do estoque reprodutor, indicar áreas para conservação de populações isoladas geneticamente e orientar programas de repovoamento. Esse e outros trabalhos



**Figura 6.** Estação de Aqüicultura e Hidrobiologia da Cesp em Paraíba, onde espécies nativas da bacia do Paraíba do Sul são reproduzidas para repovoamentos

comprovam que o conhecimento da diversidade populacional das espécies nativas deve ser considerado uma etapa essencial para o planejamento de medidas de conservação, visando o uso sustentado dos recursos biológicos aquáticos.

A queda da diversidade e da quantidade de peixes da bacia do rio Paraíba do Sul tem sido intensa. O repovoamento é uma prática válida para recuperar as populações de peixes, mas deve ser acompanhada de medidas de saneamento dos efluentes industriais e domésticos (para manter a qualidade das águas) e de proteção das matas ciliares (es-



**Figura 7.** O pirapitinga-do-sul foi utilizado para pesquisas com marcadores genéticos, que permitem identificar variações gênicas entre populações isoladas da mesma espécie

enciais para a estabilidade das margens e a alimentação de muitas espécies).

As ações de recuperação dos recursos naturais da bacia do Paraíba do Sul devem envolver a sociedade civil, por meio de canais de representação como 'comitês de bacias', organizações não-governamentais (ONGs) e outros. Só com o apoio das comunidades locais é possível obter resultados concretos na preservação dos ecossistemas de água doce, recuperando não apenas espécies de peixes economicamente importantes, mas garantindo esse patrimônio para as futuras gerações. ■

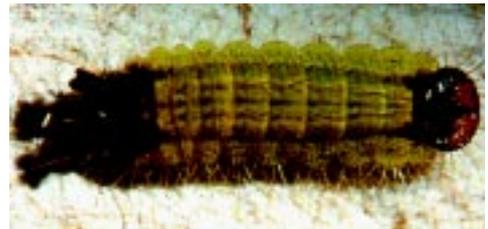
ENTOMOLOGIA Pesquisa revela características e hábitos das lagartas na região de Brasília

# Metaformose no cerrado

Apesar de riquíssima, a ordem Lepidoptera – que compreende borboletas e mariposas – ainda é pouco estudada no Brasil e no mundo. Estudos feitos sobre a comunidade de lagartas no cerrado de Brasília mostraram uma alta riqueza de espécies mas baixa abundância. Por **Ivone Rezende Diniz e Kiniti Kitayama**, do Departamento de Zoologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, e **Helena Castanheira de Moraes e John Du Vall Hay**, do Departamento de Ecologia do ICB/UnB.

**N**os cerrados, tipo de vegetação que ocupa aproximadamente 22% do território brasileiro, a ordem Lepidoptera é muito rica. Estima-se que existam cerca de 1.000 espécies de borboletas, e entre 8 mil e 10 mil espécies de mariposas. A biologia e ecologia da maioria delas, no entanto, é praticamente desconhecida.

Borboletas e mariposas são insetos bastante comuns em qualquer ecossistema terrestre. O nome científico da ordem a que pertencem se refere à presença de escamas em seus dois pares de asas (do grego *lepidos* = escama + *pteron* = asa), que se soltam facilmente em contato com nossos dedos. Os lepidópteros apresentam metamorfose (diferenciação de tecidos) e passam por quatro estágios no seu ciclo de vida – ovo, lagarta, pupa e adulto –, cada um



**Apodemia paucipuncta é uma espécie de borboleta cuja lagarta é polífaga**



**Isognathus caricae é uma espécie de mariposa cuja lagarta habita a planta pau-de-leite (Himatanthus obovatus), da família Apocynaceae**

deles com forma, hábitos e habitats particulares. Por exemplo, enquanto as lagartas possuem mandíbulas (peça do aparelho bucal mastigador), a maioria dos adultos apresenta aparelho bucal sugador, alimentando-se principalmente de néctar e sumo de frutos maduros. No entanto, adultos de algumas espécies não apresentam sequer aparelho bucal, tendo, por isso, uma vida muito breve.

A primeira etapa da vida de um lepidóptero serve para aquisição de energia. Por isso, as lagartas passam a maior parte do tempo comendo. A grande maioria delas é herbívora, podendo aproveitar como alimento qualquer tecido vegetal, interno ou externo, das plantas hospedeiras.

O crescimento das lagartas se dá através de mudas, quando perdem o exoesqueleto antigo e produzem um novo. Entre cada muda, há um intervalo chamado 'instar'. Após o último instar larval, o inseto passa ao estágio chamado pupa, período em que cessa a alimentação e acontece a metamorfose. A

FOTOS DE K. KITAYAMA

última muda ocorre ao fim desse estágio quando, finalmente, emerge o adulto. Como todo inseto, os adultos têm a função primordial de reprodução e dispersão.

### Consumidoras de folhagem

Desde 1991, uma equipe de professores e alunos dos departamentos de Zoologia e Ecologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, vem estudando as lagartas folívoras (consumidoras de folhagens) no cerrado de Brasília. Nesse período, 40 espécies de plantas foram vistoriadas semanalmente. A equipe também coletou, fotografou e numerou mais de 5 mil lagartas de acordo com suas características morfológicas. As famílias de mariposas mais encontradas foram Elachistidae (65 espécies), Gelechiidae (52) e Pyralidae (42). Entre as borboletas, as famílias mais comuns foram Hesperiiidae (16 espécies) e Riodinidae (12). Além disso, os pesquisadores conseguiram criar no laboratório cerca de 500 espécies de borboletas e mariposas de 38 famílias até o estágio adulto, usando como alimento folhas da mesma espécie de planta onde haviam sido colhidas.

Os padrões delineados sobre a comunidade de lagartas no cerrado, a partir desses dados, mostraram uma alta riqueza de espécies, porém com baixa abundância. As plantas em que foi observado maior número de lagartas são: carne-de-vaca (*Roupala montana*, Proteaceae), cabelo-de-nego (*Ouratea hexasperma*, Ochnaceae) e grão-de-galo (*Pouteria ramiflora*, Sapotaceae). De modo geral, foi considerado pequeno o número de plantas habitadas por lagartas, assim como foi difícil encontrar mais de três indivíduos, de uma ou



As lagartas das mariposas *Dalcerina tijucana* (A) e *paracles* sp. (B) são polípagas

mais espécies, em um mesmo vegetal.

Embora as lagartas estejam presentes no cerrado durante todo o ano, sua população diminui na transição entre as estações seca e chuvosa (setembro e outubro). Logo em seguida, volta a crescer e atinge um pico no início da estação seca (entre maio e junho). Esse padrão parece resultar de uma estratégia desses animais para se proteger de seus predadores naturais. Alguns deles, como parasitas, aumentam no cerrado logo após as primeiras chuvas. Isso significa que a maior proliferação de lagartas coincide com um período em que há menos ameaças à sua sobrevivência. Algumas espécies também apresentam comportamentos específicos para escapar de ataques, como a borboleta *Eunica bechina* (Nymphalidae), que se camufla nas folhas para se proteger das formigas. Outras, por sua vez, utilizam fios de seda para se jogar e, assim, fugir rapidamente dos seus inimigos. Já as lagartas com coloração vistosa – alvo fácil para pássaros – costumam ser impalatáveis (têm gosto ruim). Outros predadores naturais delas são besouros, vespas e percevejos.

As espécies de Lepidoptera podem ter uma, duas ou mais gerações por ano, de- ▶



*Hyperchina orochina* é uma mariposa cuja lagarta é encontrada, exclusivamente, na planta carne-de-vaca (*Roupala montana*)

pendendo do seu hábitat e hábitos. Entre as espécies que ocorrem durante o ano inteiro no cerrado, destaca-se a mariposa *Stenoma cathasiota* (Elachistidae), só encontrada na planta carne-de-vaca. Outras são típicas da estação chuvosa, como as mariposas *Urodus* sp. (Urodidae), *Natada* sp. (Limacodidae) e a borboleta *Siderone marthesia* (Nymphalidae).

As lagartas podem ser observadas alimentando-se livremente na superfície das folhas ou dentro de abrigos, construídos de diferentes maneiras e com diversos materiais. Algumas lagartas usam folhas na construção de seus abrigos e podem dobrá-las como um envelope, como é o caso da borboleta *Emesis russula* (Riodinidae). Outras costumam enrolar ou juntar folhas, como as mariposas *Stenoma cathasiota* e *Chlamydastis platyspora* (Elachistidae). Na maioria das vezes, esses abrigos são presos por fios de seda, podendo incluir outros materiais como pêlos – das plantas e das próprias lagartas – e fezes. Alguns abrigos são extremamente resistentes, como os das mariposas da família Mimallonidae e da espécie *Gonio-terma exquisita* (Elachistidae), enquanto outros são muito frágeis, como os da *Anacamptis* sp. (Gelechiidae). O número de espécies em abrigos é maior na estação

seca do que na chuvosa, indicando que o abrigo pode funcionar, também, como proteção contra o calor.

Em relação à amplitude de dietas, apesar de variações conceituais entre autores, podemos dividir as lagartas em três grandes grupos: (1) monófagas – que se alimentam de uma só espécie de planta ou, no máximo, de espécies dentro de um mesmo gênero; (2) oligófagas – que se alimentam de plantas pertencentes a uma mesma família e (3) polífagas – que se alimentam de plantas de diferentes famílias. Durante a pesquisa, houve dificuldade para classificar as lagartas devido à grande variedade de plantas no cerrado e ao



A mariposa F-279 (A), da família Limacodidae, e a espécie F22B (B) ainda não foram identificadas pelos pesquisadores



A lagarta da borboleta *Thecla ergina* também é polífaga

fato da distribuição geográfica da maioria delas, assim como suas dietas, ser desconhecida. Mesmo com todas essas ressalvas, 34% das espécies foram classificadas como polífagas. Um exemplo é a mariposa *Fregela semiluna* (Arctiidae), cuja lagarta é vistosa e muito bonita, que utiliza 23 famílias de plantas como alimento. Entre as lagartas com dietas mais restritas destacam-se as mariposas *Eloria subapicalis* (Lymantriidae), nas espécies de mercúrio-do-campo, e (*Erythroxyllum*, Erythroxyllaceae), em pau-de-leite.

As lagartas são parte importante dos ecossistemas terrestres e algumas espécies recebem especial atenção dos pesquisadores, pois são consideradas pragas nas plantações. São muito utilizadas nos estudos básicos de ecologia e evolução, prestando-se como bons modelos para os estudos sobre as interações entre insetos e plantas, e parasitas e hospedeiros. Como têm tamanho razoável e mobilidade limitada, podem ser facilmente acompanhadas no campo e no laboratório. Apesar disso, ainda se conhece muito pouco a respeito da comunidade de lagartas no Brasil e no mundo.

**ECOLOGIA** Crustáceo planctônico pode ajudar a recuperar ambientes degradados

# Ovos de resistência: reserva de vida para a baía de Guanabara

Importantes na cadeia da vida na baía de Guanabara, os cladóceros, minúsculos crustáceos que vivem em suspensão na água, podem ter um papel ainda mais crucial à medida que os projetos de despoluição dessa baía se tornem uma realidade. Esses seres, se as condições ambientais são ruins, produzem ovos especiais, que ficam ‘adormecidos’ no sedimento até que o seu hábitat se

recupere. Estudos sobre esses ovos, realizados na baía de Guanabara,

podem apontar o potencial de regeneração da vida nesse

ecossistema. Por **Andrea Marazzo, Suzane S. Barros e Jean**

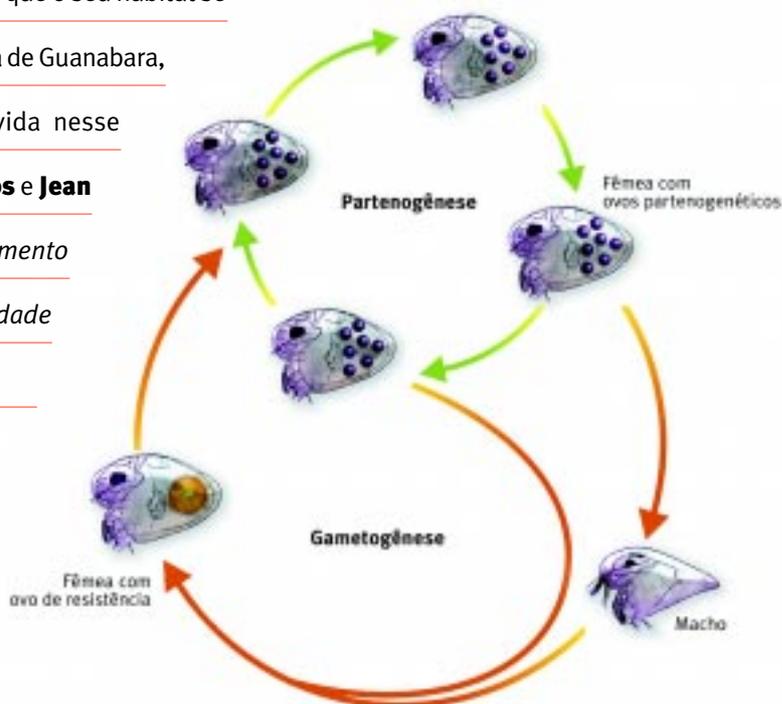
**L. Valentin**, do Laboratório de Zooplâncton, Departamento

de Biologia Marinha (Instituto de Biologia), Universidade

Federal do Rio de Janeiro.

**A** batalha pela vida é permanente nas águas escuras da baía de Guanabara. Dos pequenos organismos até os crustáceos e os peixes, cada integrante da cadeia alimentar procura um meio de sobreviver, alimentar-se e reproduzir-se, enfrentando condições adversas – falta de oxigênio, excesso de matéria orgânica, presença de substâncias tóxicas e variações de salinidade – características de ecossistemas estuarinos afetados por impactos ambientais. Para esses organismos não há muitas alternativas de sobrevivência, além de fugir ou adaptar-se, resistindo à adversidade.

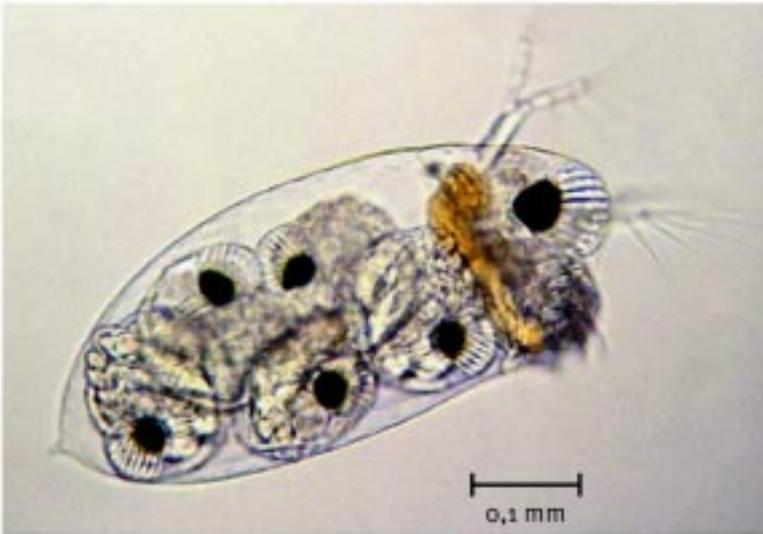
O zooplâncton, composto por animais microscópicos que flutuam na massa d’água, é um elo essencial na cadeia alimentar. Tal cadeia é iniciada pelos chamados produtores primários (organismos – algas e bactérias – que geram matéria orgânica a partir de elementos inorgânicos e servem de alimento para



**Figura 1. Ciclo reprodutivo dos cladóceros marinhos: a partenogênese produz apenas fêmeas, e a gametogênese caracteriza-se pelo surgimento dos machos e a produção de ovos de resistência pelas fêmeas**

outros, maiores). A partir desse mundo microscópico, cada grupo de organismos da baía alimenta o grupo seguinte na cadeia, em uma seqüência que inclui os animais marinhos (moluscos, crustáceos e peixes) consumidos pelo homem.

Para os animais planctônicos, incapazes de vencer as correntes, adaptar-se às condições ambientais é o único modo de sobreviver. Entre esses organismos estão os cladóceros, crustáceos minúsculos e muito abundantes, que encontraram uma solução adaptativa capaz de garantir a perenidade das espécies. Em con-



**Figura 2.**  
Fêmea de cladóceros do gênero *Evadne*, com cinco embriões em sua câmara incubadora

dições desfavoráveis, eles alteram sua estratégia reprodutiva e começam a produzir ‘ovos de resistência’, que se depositam no sedimento do fundo do mar, onde aguardam ‘tempos melhores’ para eclodir e originar uma nova população no plâncton. É preciso conhecer o ciclo biológico desses crustáceos para compreender melhor de que maneira esse processo adaptativo pode gerar uma reserva permanente de vida para a baía de Guanabara.

### Animais com dupla estratégia de reprodução

Os cladóceros, em sua grande maioria, vivem apenas na água doce. Das cerca de 600 espécies conhecidas, apenas oito são verdadeiramente marinhas. Elas estão distribuídas entre os gêneros *Penilia*, *Evadne* e *Podon*. A maioria das espécies está restrita às águas costeiras, onde representam uma expressiva fração da comunidade zooplancônica em determinadas épocas do ano. Na cadeia alimentar, os

cladóceros são consumidores do picoplâncton, formado por organismos de tamanho inferior a 10 micrometros (1  $\mu\text{m}$  equivale a um milésimo do milímetro), incluindo algas e bactérias, e servem de alimento a outros invertebrados que vivem no plâncton, peixes minúsculos e filhotes de peixes maiores.

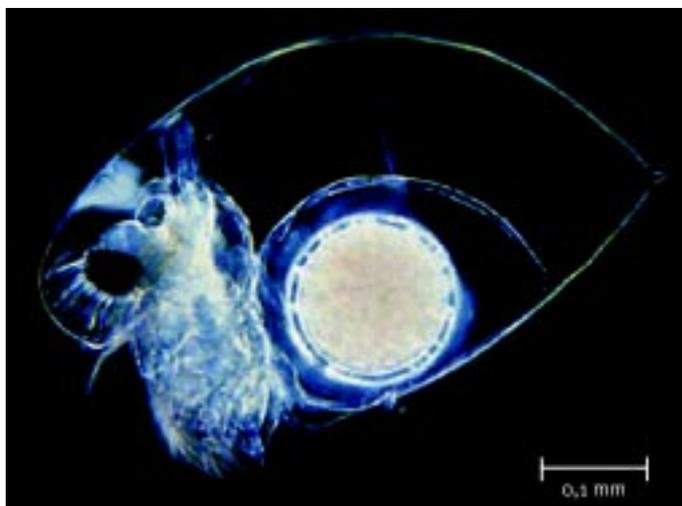
Os cladóceros marinhos apresentam dois modos de reprodução: partenogênese e gametogênese (ver ‘Com ou sem os machos’). Durante a maior parte do ano, são vistas apenas fêmeas que se reproduzem por partenogênese, gerando novas fêmeas. Elas retêm seus ovos em uma câmara sob a carapaça, e estes são alimentados por sua própria reserva ou com o auxílio de células glandulares situadas nas paredes do útero materno. Os embriões desenvolvem-se dentro dessa câmara incubadora até se tornarem ‘miniaturas’ dos adultos (figura 2), e são liberados na água quando a fêmea realiza a troca do seu esqueleto externo.

Essa estratégia reprodutiva tem grande importância na dispersão efetiva dos animais, já que uma fêmea sozinha pode iniciar uma nova população ao chegar a uma região onde as condições sejam favoráveis à reprodução. O acentuado crescimento da população desses crustáceos em determinadas épocas do ano é o resultado do alto potencial reprodutivo da partenogênese.

Em certos períodos, quando as condições ambientais se tornam desfavoráveis, as fêmeas que antes se reproduziam por partenogênese formam ovos que dão origem não apenas a fêmeas, mas também a machos, possibilitando a reprodução sexuada. Após cópula e fecundação, a fêmea produz, em geral, apenas um ovo, grande e com a membrana externa resistente, denominado ‘ovo de resistência’ (figura 3). O aumento da produção desses ovos é acompanhado de queda acentuada das populações planctônicas. Liberados pelas fêmeas, os ovos depositam-se no sedimento do fundo e lá atravessam todo o período de condições adversas. Findo esse período, os ovos de resistência eclodem, dando origem sempre a fêmeas, que reiniciam o ciclo partenogenético.

### Ovos de resistência na baía de Guanabara

Na tentativa de detectar a ocorrência e a distribuição dos ovos de resistência dos cladóceros na baía de Guanabara, há pelo menos três anos vêm sendo realizadas coletas de sedimento nessa baía. Esse estudo faz parte do Programa de Apoio a Grupos de Excelência (Pronex), do Conselho Nacional de Desenvolvi-



**Figura 3.**  
Fêmea de cladóceros do gênero *Evadne*, com um ovo de resistência em sua câmara incubadora

FONTE: EGMONT, W., MARINE WATER FLEAS

FONTE: EGMONT, W., MARINE WATER FLEAS

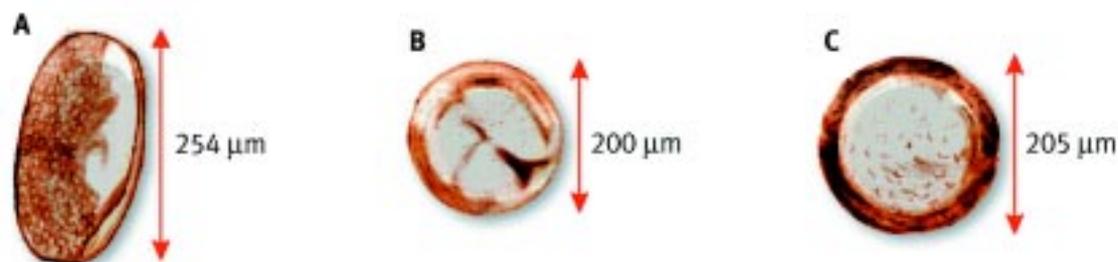


Figura 4. Ovos de resistência dos gêneros de cladóceros *Penilia* (A), *Evadne* (B) e *Podon* (C)

mento Científico e Tecnológico (CNPq), que visa pesquisar a interferência humana na biota da baía de Guanabara, e conta com o apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

Os ovos de resistência dos cladóceros marinhos são facilmente reconhecidos no sedimento devido ao tamanho (cerca de 0,2 mm), à forma (ovóides e achatados em *Penilia*, esféricos em *Evadne* e *Podon*) e à estrutura externa da membrana, muito espessa e com suaves ornamentações (figura 4). Tais ovos são encontrados em grande quantidade na baía de Guanabara, podendo alcançar mais de 500 mil por m<sup>3</sup> de sedimento.

Essa abundância, no entanto, varia no tempo: em algumas épocas do ano, o número de ovos sofre acentuada redução, provavelmente causada pela eclosão de uma parcela deles, pela predação por organismos que vivem no sedimento, ou pelo transporte para outras áreas por movimentos de maré e correntes de fundo. Além disso, foi verificada uma estreita relação entre a quantidade desses ovos e o tipo de sedimento: eles são abundantes em sedimentos ricos em lama, em razão da grande capacidade de retenção das finas partículas de argila, e estão praticamente ausentes em áreas arenosas, onde são facilmente dispersos pelo movimento da água.

## COM OU SEM OS MACHOS

A partenogênese é o desenvolvimento embrionário de ovos não-fertilizados sem necessidade de fecundação pelo macho. Essa estratégia reprodutiva, comum em diversos organismos, em especial plantas inferiores e invertebrados (nos vertebrados, só ocorre em espécies de répteis), permite um rápido crescimento da população, e ocorre quando as condições ambientais favorecem a expansão da espécie. A gametogênese é a produção de um embrião a partir de um ovo fertilizado pelo macho e, nos cladóceros, é uma estratégia adotada para enfrentar períodos de condições adversas ao seu desenvolvimento.

Os ovos de resistência são encontrados não só na superfície do sedimento, mas também dentro deste: existem em grande quantidade até 20 cm de profundidade. Uma estimativa da idade dos ovos 'enterrados' no sedimento pode revelar dados valiosos para o resgate das condições ambientais passadas e sua influência sobre o plâncton da baía. Observou-se nos locais de amostragem, por exemplo, uma nítida alteração na ocorrência dos ovos a 9 cm, associada a uma inesperada presença de organismos de água doce a essa profundidade. Esse resultado sugere a influência das fortes chuvas que ocorreram em entorno da baía em 1986, o que permitiu estimar em 14 anos a idade média dos ovos localizados nessa profundidade.

Atualmente, um dos objetivos das pesquisas do Laboratório de Zooplâncton é verificar a viabilidade dos ovos de resistência dos cladóceros. Ovos coletados na baía de Guanabara estão sendo incubados *in vitro*, na esperança de estimar o verdadeiro potencial do sedimento da baía para repovoar suas águas. Com isso, será possível atribuir aos ovos de resistência, graças à sua abundância, um papel fundamental como fonte potencial de recrutamento para as populações de cladóceros nas águas da baía. Após várias semanas de incubação, poucos ovos eclodiram. Essa demora deve-se ao fato de esses ovos serem de 'resistência' e ao desconhecimento, por parte dos pesquisadores, dos fatores que talvez influenciem sua eclosão, como a temperatura, a salinidade, o teor de oxigênio dissolvido na água e a luminosidade. Será necessário realizar testes com esses e outros possíveis fatores para saber o que de fato provoca a eclosão em massa dos ovos de resistência.

Estima-se que, em poucos dias, as fêmeas partenogênicas nascidas dos ovos de resistência proporcionem um crescimento exponencial das populações desses crustáceos, que alcançam densidades de mais de dois mil indivíduos por m<sup>3</sup> de água, com aumento substancial em relação à densidade normal na baía de Guanabara (em torno de 100 indivíduos por m<sup>3</sup>), criando uma fonte de alimento essencial para a manutenção de toda a cadeia alimentar e, em consequência, da produção pesqueira da baía de Guanabara, bastante prejudicada hoje pela acentuada degradação do ambiente. ■