

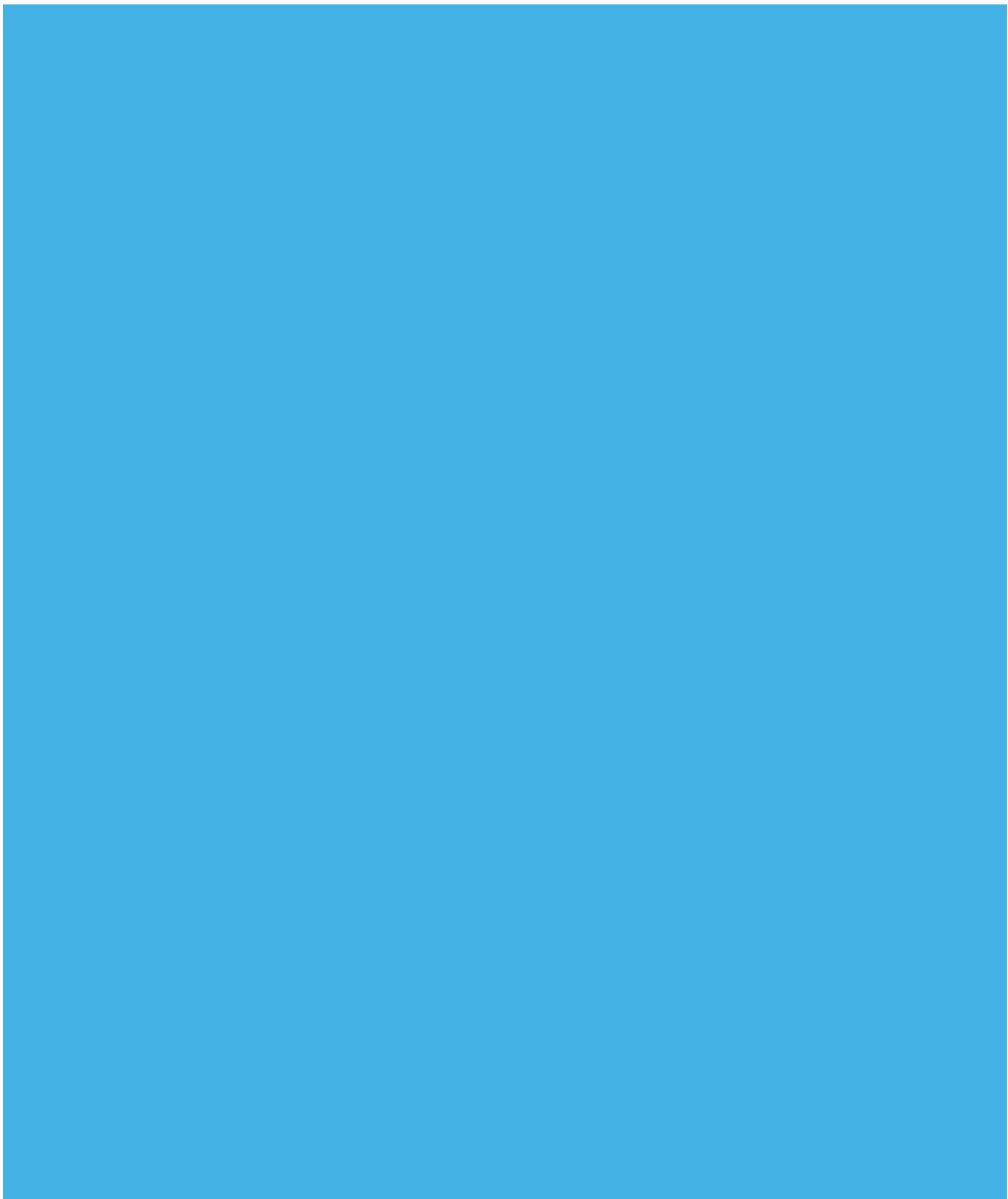


BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO DE CÓRREGOS, RIACHOS E RIBEIRÕES



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO





**BIOMONITORAMENTO
PARTICIPATIVO
DE CÓRREGOS, RIACHOS E RIBEIRÕES**

Mônica Luisa Kuhlmann
Natália Freitas de Souza
Tatiana Figueiredo de Oliveira
Daniel Forsin Buss

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DE SÃO PAULO

2019

EQUIPE TÉCNICA

Mônica Luisa Kuhlmann (CETESB – ELHC Setor de Comunidades Aquáticas)
Natália Freitas de Souza (FIOCRUZ – Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental)
Tatiana Figueiredo de Oliveira (FIOCRUZ – Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental)
Daniel Forsin Buss (FIOCRUZ – Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental)

REVISORES:

Marta Condé Lamparelli (CETESB – ELH Divisão de Análises Hidrobiológicas)
Maria do Carmo Carvalho (CETESB – ELHC Setor de Comunidades Aquáticas)
Hélio Rubens Victorino Imbimbo (CETESB – ELHC Setor de Comunidades Aquáticas)
Maria Cristina de Souza Leite (CETESB – PC Departamento de Comunicação Social)

PROJETO GRÁFICO

Vera Severo

FONTES DAS ILUSTRAÇÕES

Carlos Barbosa Pinto, 2013
CETESB, 2018
Minoro Nagayama (site Planeta Invertebrados), 2012
Sérgio Luiz de Siqueira Bueno (IB-USP), 2000

REVISÃO NORMATIVA E CATALOGAÇÃO NA FONTE

Margot Terada (CRB 8.4422)

Dados Internacionais de Catalogação
(CETESB, Biblioteca, SP, Brasil)

C418b CETESB (São Paulo)
 Biomonitoramento participativo de córregos, riachos e ribeirões [recurso eletrônico] / CETESB ; Mônica Luisa Kuhlmann ... [et al.] ; revisores Marta Condé Lamparelli ... [et al.] ; ilustrações Carlos Barbosa Pinto, Sérgio Luiz de Siqueira Bueno, Minoro Nagayama. - São Paulo : CETESB, 2019.
 1 arquivo de texto (72 p.) : il., fotos color., PDF ; 2 MB

 Disponível em:
 <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>>
 ISBN 978-85-9467-069-4

 1. Água – qualidade 2. Bacias hidrográficas – gestão 2. Ecossistemas lóticos 3. Educação ambiental 4. Macroinvertebrados – bioindicadores I. Kuhlmann, Mônica Luisa, Autor. II. Souza, Natália Freitas de, Autor. III. Oliveira, Tatiana Figueiredo de, Autor. IV. Buss, Daniel Forsin, Autor VI. Título.

CDD (21.ed. esp.) 363.739 463 169

CDU (2.ed. port.) 502.175:592 (282.2)

Direitos reservados de distribuição e comercialização.

Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2019.

Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345

Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
Governador João Dória

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
Secretário Marcos Penido

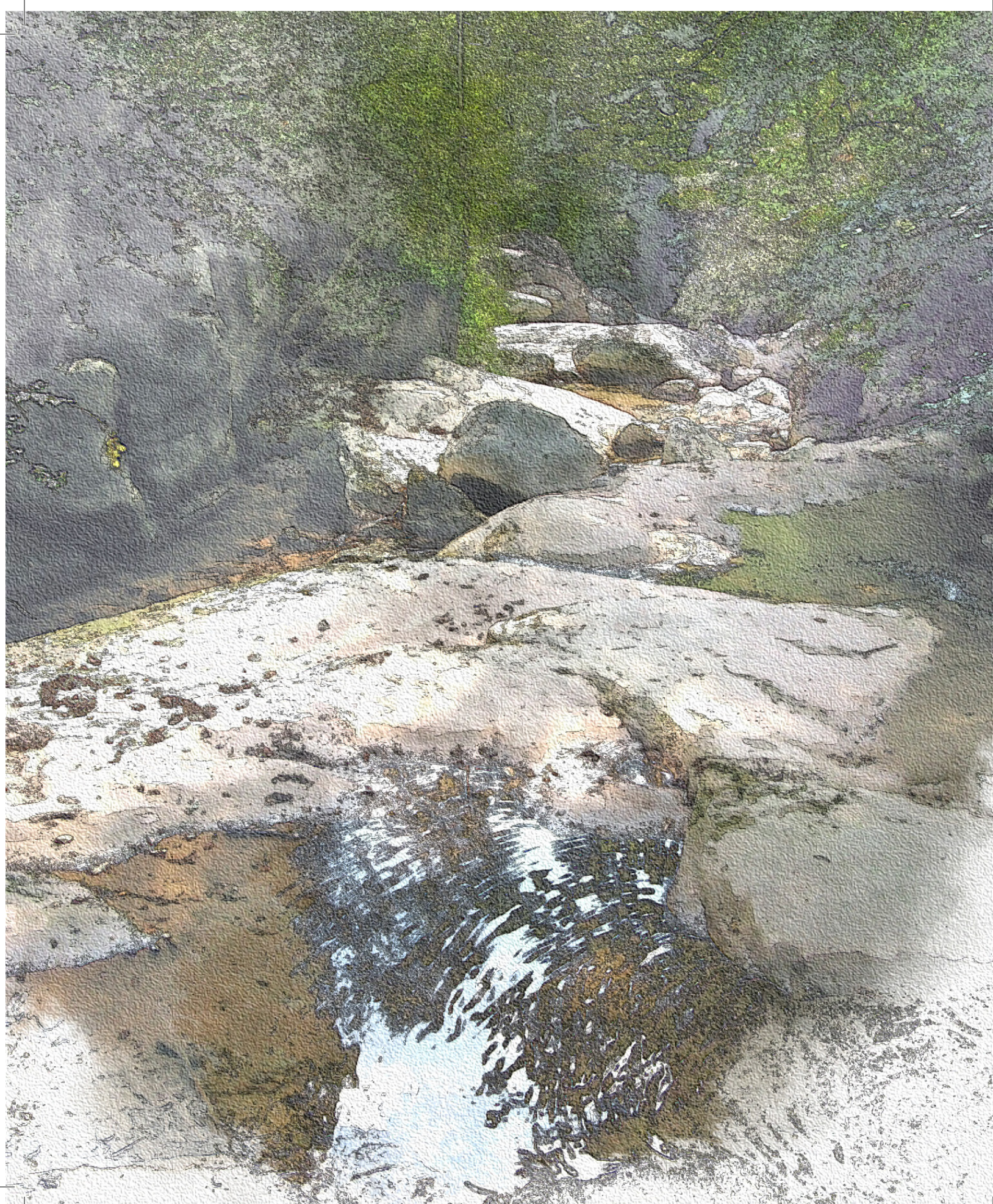
CETESB COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
Diretora-Presidente Patrícia Iglecias

CETESB Diretoria de Gestão Corporativa
Clayton Paganotto

CETESB Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
Zuleica Maria de Lisboa Perez

CETESB Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental
Domenico Tremaroli

CETESB Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental
Carlos Roberto dos Santos



OS ECOSSISTEMAS LÓTICOS DE PEQUENO PORTE, que constituem as cabeceiras de toda rede hidrográfica, apresentam uma biota bastante peculiar, com muitos grupos desaparecendo à medida que o rio se alarga e tem sua dinâmica naturalmente modificada. São ambientes frágeis, muito dependentes da mata ciliar que os protege do calor intenso e do pisoteio do gado e que supre a biota com alimento (serapilheira). Sua proteção é fundamental tanto para a preservação dessa biodiversidade específica, como para assegurar o volume de água que aporta a jusante, que pode ser utilizado para diferentes finalidades, inclusive no abastecimento público.

Os macroinvertebrados são excelentes indicadores da qualidade desses ambientes. Sua baixa motilidade, sua associação com o substrato, sua ampla variedade de formas e hábitos de vida fazem essa biota sensível às alterações provocadas por atividades humanas. Com isso, são utilizados mundialmente no monitoramento desses ambientes pelas agências ambientais e têm sido cada vez mais empregado em programas de monitoramento com voluntários. Esse uso não só tem o potencial de ampliar a rede de informações sobre a qualidade de nossos recursos hídricos, como também atua como instrumento de educação ambiental que tem conduzido os voluntários à consciência ambiental, tão fundamental para o rompimento do comportamento destrutivo de atividades humanas sobre esses ambientes e para a adoção de uma atitude de respeito e proteção por parte daqueles que vivem mais próximos ao recurso.

Essa cartilha é uma simplificação da proposta da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) (BUSS et al., 2013) e de outros programas desenvolvidos no Brasil de Biomonitoramento Participativo na medida em que não inclui o uso obrigatório de análises físicas, químicas e microbiológicas. No lugar do uso de *kits* para essas análises, pressupõe que a percepção sensorial, a observação do grau de degradação da mata ciliar e da presença de atividades de origem antrópica, ou sinais dessas, ao redor do local de amostragem, somados à avaliação dos macroinvertebrados são suficientes para o diagnóstico da qualidade dos cursos de água. Com isso barateia-se a atividade tanto pela não aquisição de *kits* quanto pela redução do tempo de trabalho.

No uso como ferramenta de Educação Ambiental, especial atenção deve ser dada aos procedimentos de segurança no trabalho de campo, principalmente com relação aos riscos de queda, afogamentos ou com a presença de animais peçonhentos.

Nos desdobramentos das atividades de biomonitoramento, sobretudo como medidas de Gestão, é essencial o acompanhamento por equipe especializada, como de universidades, de laboratórios particulares capacitados ou de órgão ambientais municipal, estadual ou federal, para que se assegure a qualidade do diagnóstico ambiental produzido.

Para tirar dúvidas, relatar uma experiência ou enviar resultados, entrar em contato conosco pelo e-mail: biomonitor@riachos.sp.gov.br

Lista de Figuras	Pág.
1 Adaptações morfológicas à vida no ambiente aquático.....	12/13
2 Bacia hidrográfica mostrando o divisor de águas e o alto e o baixo gradientes.....	14
3 <i>Loricyphe froehlichii</i> , espécie nova de Ephemeroptera descoberta no rio Paraibuna e descrita em 2015 por Molineri e Mariano.....	15
4 Distribuição de potenciais organismos indicadores em um gradiente de qualidade ambiental.....	18
5 As bonequinhas russas Matrioscas representam a organização do sistema taxonômico.....	19
6 Plecópteros.....	21
7 Tricópteros com casa.....	22
8 Tricópteros sem casa.....	23
9 Efemérides.....	24
10 Megalópteros.....	25
11 Besouros.....	26
12 Larvas de Besouros.....	27
13 Dípteros "sem cabeça"	28/29
14 Dípteros "com cabeça"	30
15 Hemípteros.....	31
16 Odonata com cauda.....	32
17 Odonata sem cauda.....	33
18 Crustáceos.....	35
19 Moluscos.....	36/37
20 Planárias.....	37
21 Sanguessugas.....	38
22 Minhocas.....	39
23 Esquema de rio sinuoso, em vista longitudinal e em corte transversal, mostrando as regiões de deposição e erosão.....	41
24 Mesohabitats a serem amostrados	42a44
25 Mesohabitats que podem não ter conexão com o rio	45
26 Coleta em um único mesohabitat (laje)	46
27 Equipamentos para amostragem: Rede triangular e "D"	47
28 Amostragem com rede	47
29 Alguns exemplos de ambientes de amostragem	49
30 Outros exemplos de ambientes de amostragem	50/51
31 Observação em campo	52
32 Identificação em campo	52
33 Aula teórica expositiva sobre Biomonitoramento	56
34 Exposição de espécimes fixados em álcool	56

35	Aula prática com explicação sobre os métodos de amostragem e análise.....	57
36	Amostragem	57
37	Aplicação do material para identificação dos organismos encontrados na amostra.....	57
38	Discussão de resultados	57

Lista de Quadros

1	Classificação taxonômica do nosso fiel companheiro, o cão doméstico.....	19
2	Metamorfose	20
3	Espécies Exóticas Invasoras (EEI)	34
4	Cronograma de Treinamento	55

Lista de Siglas

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
EEI	Espécie Exótica Invasora
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FIOCRUZ	Fundação Osvaldo Cruz
GPS	Global Positioning System
IBVol	Índice Biótico de Voluntários
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

Lista de Abreviaturas

cm	Centímetro
Fig.	Figura
Figs	Figuras
pH	Potencial hidrogeniônico
°GL	Graus Gay-Lussac
mm	Milímetro

Lista de Símbolos

%	Por cento
---	-----------



SUMÁRIO

1 PORQUE PRESERVAR CÓRREGOS, RIACHOS E RIBEIRÕES?	12
2 O QUE É BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO?	16
2.1 QUANDO APLICAR ESSA CARTILHA?	17
3 ORGANISMOS INDICADORES	18
3.1 Ordem PLECOPTERA (Plecópteros)	21
3.2 Ordem TRICHOPTERA (Tricópteros, João-Pedreiro)	22
3.2.1 TRICHOPTERA "COM CASA"	22
3.2.2 TRICHOPTERA "SEM CASA"	23
3.3 Ordem EPHEMEROPTERA (Efemérides)	24
3.4 Ordem MEGALOPTERA (Megalópteros)	25
3.5 Ordem COLEOPTERA (Besouros)	26
3.6 Ordem DIPTERA (Moscas, mosquitos)	28
3.6.1 DIPTERA "SEM CABEÇA"	28
3.6.2 DIPTERA "COM CABEÇA"	29
3.7 Ordem HEMIPTERA (Percevejos)	30
3.8 Ordem ODONATA (Libélulas, Donzelinhas)	32
3.8.1 ODONATA "COM CAUDA"	32
3.8.2 ODONATA "SEM CAUDA"	33
3.9 Subfilo CRUSTACEA (Pitús, Caranguejos)	34
3.10 Filo MOLLUSCA (Mexilhões e Caramujos)	36
3.11 Classe TURBELLARIA (Planárias)	37
3.12 Subclasse HIRUDINEA (Sanguessugas)	38
3.13 Subclasse OLIGOCHAETA (Minhocas)	38
4 PADRONIZAÇÕES PARA O BIOMONITORAMENTO	40
4.1 QUANDO AMOSTRAR?	40
4.2 ONDE AMOSTRAR?	40
4.3 COMO AMOSTRAR?	46
5 REALIZANDO O DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE	48
5.1 OBSERVANDO O AMBIENTE	48
5.2 OBSERVANDO OS MACROINVERTEBRADOS	51
5.3 SEGURANÇA EM CAMPO	54
6 PROGRAMA DE TREINAMENTO	55
REFERÊNCIAS	58
GLOSSÁRIO	59
APÊNDICE A - Kit de Biodiversidade	60
APÊNDICE B - Formulário de Campo	61
APÊNDICE C - Chave de identificação	63



1 POR QUE PRESERVAR CÓRREGOS, RIACHOS E RIBEIRÕES?

Córregos, riachos e ribeirões, são dimensões diferentes de sistemas naturais (ecossistemas) de água corrente (ou lóticos) situados, geralmente, nas cabeceiras das bacias hidrográficas. Embora pequenos, podem corresponder a $\frac{3}{4}$ da extensão dos cursos de águas que compõem a bacia hidrográfica. A principal característica desses ambientes é o fluxo unidirecional da massa de água, que em seu percurso forma *habitats* variados que abrigam diferentes espécies vegetais e animais.

Nesses ambientes, dentre as diferentes formas de vida animal, existem os macroinvertebrados. Visíveis a olho nu, são animais de tamanho superior a 0,25mm, sem esqueleto interno, que podem ser encontrados junto ao fundo (substrato), na superfície da água ou associados à vegetação. Em rios, precisaram se adaptar a viver na correnteza, desenvolvendo adaptações morfológicas (Fig. 1), como garras (A), ganchos (B), ventosas (C), achatamento (D) e formato hidrodinâmico do corpo (E), e comportamentais, como a construção de casas (F) e o desenvolvimento de conchas (G), que servem como poita e a fixação ao substrato, como no caso dos briozoários (H). Por outro lado, em remansos onde a água pode ficar estagnada por dias e o oxigênio faltar, vivem espécies com adaptações a esse tipo de situação, como a presença de pigmento semelhante à hemoglobina (I), que aumenta a eficiência de captura do oxigênio dissolvido na água, ou espécies que respiram oxigênio atmosférico por meio de, por exemplo, estruturas como sífoes (J). O oxigênio é o fator mais importante para a manutenção da vida nesses ambientes. Boa parte das espécies aquáticas respira o oxigênio que está dissolvido na água, captando-o por brânquias (K e L) e/ou pela pele.

12

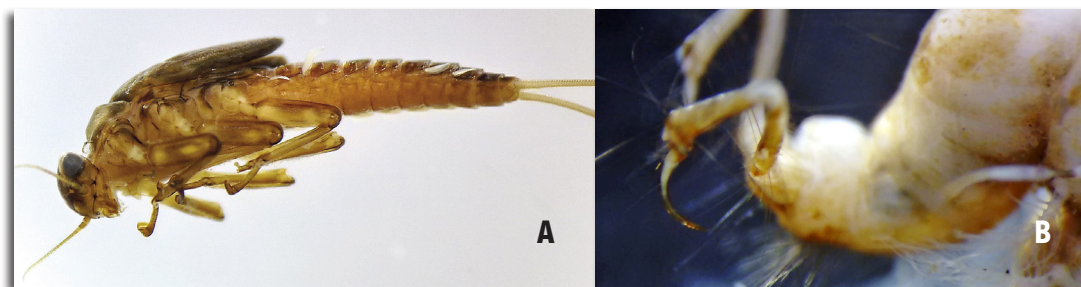


Figura 1 - Adaptações morfológicas à vida no ambiente aquático

1 POR QUE PRESERVAR CÓRREGOS, RIACHOS E RIBEIRÕES?

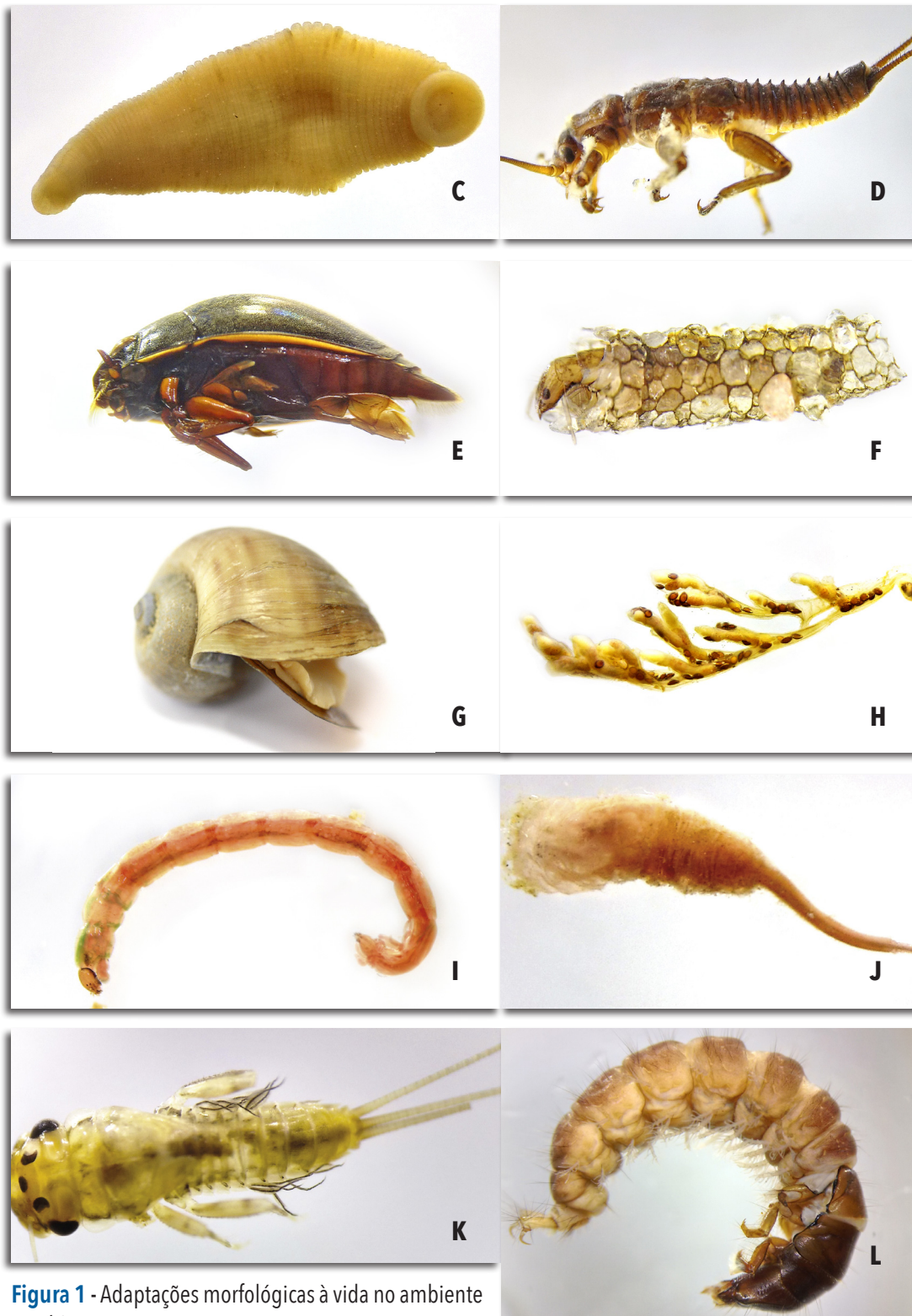


Figura 1 - Adaptações morfológicas à vida no ambiente aquático

Uma bacia hidrográfica é a área compreendida pelo rio principal e seus afluentes (riachos que entram no canal principal), delimitada pela linha mais alta do relevo (divisor de águas). A chuva que recai sobre essa área pode evaporar, escoar pela superfície ou infiltrar no solo. Em seu percurso pelo solo carreará materiais (naturais e poluentes) ao corpo de água mais próximo que, por fim, os conduzirá ao canal principal, situado na parte mais baixa da bacia (Figura 2).

Em áreas montanhosas, o trecho mais íngreme, em que a velocidade da corrente é mais pronunciada devido a maior declividade, é chamado de alto gradiente, enquanto que o de menor declividade e consequente menor velocidade, de baixo gradiente. No primeiro, predominam os organismos adaptados à correnteza, enquanto que o baixo gradiente é dominado por organismos que têm por hábito se enterrar e suportam teores mais baixos de oxigênio.

Da nascente à foz, o rio se transforma, assim como sua biota.

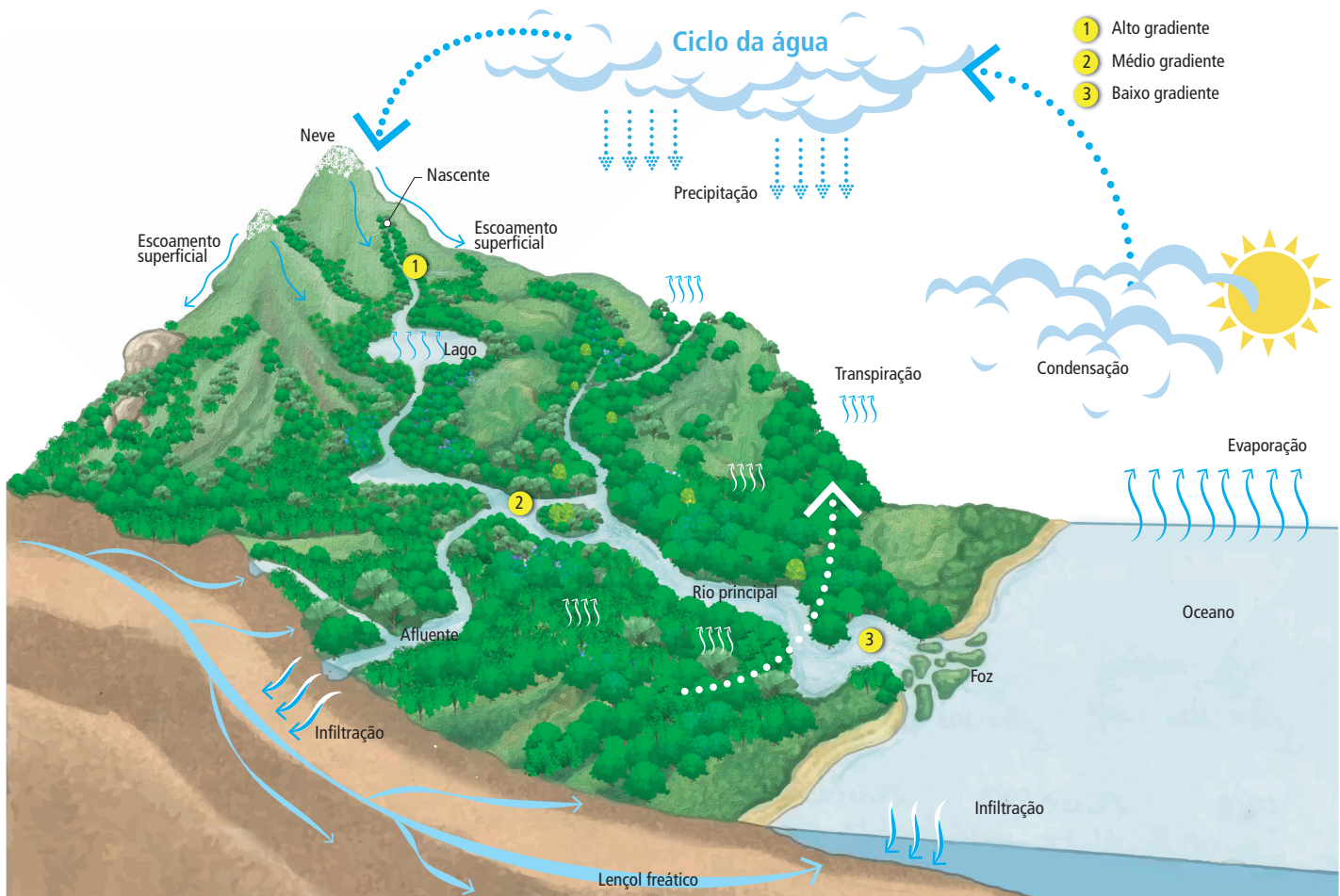


Figura2 - O ciclo da água e a bacia hidrográfica

No trecho de alto gradiente, os corpos de água têm menor largura e profundidade, sendo total ou parcialmente sombreados pela mata ciliar (ou ripária), de onde obtém a maior quantidade de nutrientes e alimentos para sustento de sua fauna e flora.

No trecho de baixo gradiente, a baixa velocidade promove a sedimentação de partículas finas no leito, que se torna cada vez mais lodoso e o relevo aplainado permite o espalhamento da calha do rio. Com maior largura e menor velocidade há maior produção de energia pela vegetação aquática e consequentemente o sistema dependerá menos da mata ripária para se sustentar.

Ambientes distintos são registrados ao longo dos rios, como cachoeiras, poças, lajes, margens, curso central, meandros, entre outros. Nesses diferentes tipos de pequenos *habitats* formados ao longo da rede de drenagem da bacia, evoluiu, ao longo do tempo geológico do planeta, a grande biodiversidade aquática agora encontrada e, que em parte, ainda é desconhecida. Nesses ambientes, espécies novas são ainda descobertas e descritas pela ciência, como o efemeróptero *Loricyphes froehlichii* (Fig. 3), coletado no rio Paraibuna, no trecho dos núcleos Cunha e Santa Virgínia do PESM e descrito, em 2015, por Molineri e Mariano. Por outro lado, vivencia-se a extinção e a ameaça de extinção de espécies em decorrência da destruição dos ambientes aquáticos pela poluição, por alterações físicas, como a canalização, a retificação ou o barramento de rios, e pela retirada da mata ciliar. Outro problema que ameaça as espécies nativas é a introdução de espécies exóticas invasoras, que competem com elas ou as predam.

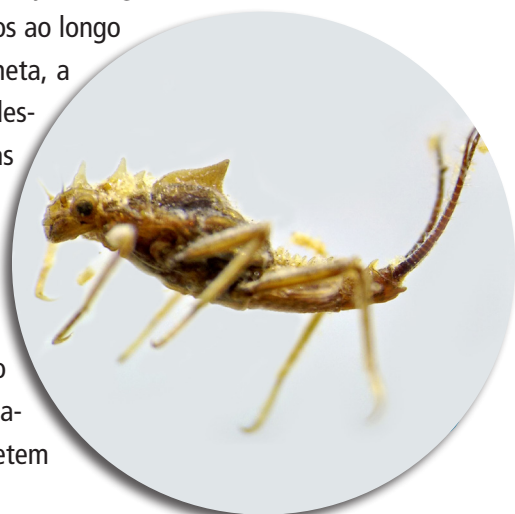


Figura 3 - *Loricyphes froehlichii*, espécie nova de Ephemeroptera
Fonte: CETESB, 2018

Além de abrigar a grande biodiversidade dos ambientes aquáticos, deve-se considerar que a água é essencial para toda forma de vida, incluindo a do homem. O corpo humano carrega cerca de 70-75% de seu peso em água e não sobrevive mais do que sete dias sem esse elemento. Apesar da abundância de água no planeta, apenas uma pequena parcela (0,01%) está prontamente disponível para o uso humano, na forma de água doce superficial (rios e lagos). Boa parte desse montante tem sua qualidade em risco por poluentes produzidos e amplamente utilizados pela própria espécie humana, tanto em casas como nas indústrias e na agricultura. Nesse contexto, os esgotos domésticos representam a maior fonte poluidora dos rios. Além de provocar a diminuição até a exaustão do oxigênio dissolvido pela decomposição da matéria orgânica, que elimina paulatinamente as espécies aquáticas, até seu total desaparecimento, o esgoto é fonte de nutrientes, que provocam a proliferação de algas por um processo chamado de eutrofização. Por causa dos esgotos, alguns ambientes aquáticos tornam-se fontes de doenças, como a esquistossomose (barriga-d'água), o cólera, a poliomielite, a hepatite e vários tipos de diarreias.



2 O QUE É BIOMONITORAMENTO PARTICIPATIVO?

A qualidade de ambientes aquáticos, como rios, reservatórios e mares pode ser avaliada com o uso de análises físicas, químicas e biológicas. Por exemplo, a alteração na qualidade promovida pela erosão nas margens de um rio pode ser verificada medindo-se a turbidez, assim como a presença de esgoto é evidenciada avaliando-se a quantidade de bactérias oriundas do material fecal, presentes na água.

Para se acompanhar, ao longo do tempo, a qualidade de um ambiente que se deseja inalterado permanentemente porque, por exemplo, está localizado em uma Unidade de Conservação e abriga espécies que se quer preservar, será necessário fazer um Monitoramento da qualidade ambiental, coletando-se amostras periódicas para avaliar se suas características se mantêm. Nesse caso, ao invés de amostrar e analisar a água, pode-se também observar os organismos que vivem no local (análise das comunidades aquáticas) e realizar o que se chama de Biomonitoramento. Em rios e riachos, a comunidade de macroinvertebrados é a mais utilizada para esse fim. Sendo muito diversificado em tipos de organismos, com necessidades ambientais distintas, esse grupo exibe grande sensibilidade às alterações da qualidade do ambiente. Utilizado rotineiramente por órgãos ambientais do mundo todo, desde o início do século XX, o Biomonitoramento com macroinvertebrados aquáticos estendeu sua linguagem para práticas de educação ambiental, envolvendo o cidadão comum, de todas as idades, na problemática da poluição dos ambientes aquáticos. Nesse âmbito, o Biomonitoramento recebeu sobrenomes como Participativo, Voluntário, Comunitário ou Cidadão.

Na maioria dos países, órgãos governamentais, como agências ambientais, são responsáveis pelo monitoramento da qualidade das águas. No entanto, em todo o mundo existem iniciativas de Biomonitoramento Participativo, relacionadas ou não às agências ambientais, com metas que envolvem tanto a educação ambiental em escolas quanto a gestão de bacias e microbacias, abrangendo bairros, municípios e estados. Nos Estados

Unidos, por exemplo, esses programas são tão amplos e abrangentes que geram mais informações que o monitoramento formal, sem perdas significativas na qualidade dos dados produzidos (FORE et al., 2001).

No Brasil, três grupos se destacam no desenvolvimento de Programas de Biomonitoramento Participativo com Macroinvertebrados. O primeiro, da FIOCRUZ, denominado Agente das Águas (BUSS et al., 2013), que emprega para o diagnóstico da qualidade o Índice Biológico de Voluntários (IBVol) (BUSS, 2008), utilizado também nessa Cartilha. Esse programa já foi implantado com sucesso no Rio de Janeiro, no Paraná (CICHOSKI et al., 2009) e no Espírito Santo. O segundo é encabeçado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e destina-se principalmente aos professores e estudantes dos ensinos fundamental e médio (FRANÇA; CALLISTO, 2012, 2015). Um terceiro grupo a ser destacado é aquele formado por profissionais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), liderados pela Dra. Neusa Hamada. Embora esse grupo não tenha se dedicado tanto aos programas de Biomonitoramento Participativo, desenvolveram uma série de materiais (livros, folhetos, jogos) e atividades voltados à Educação Ambiental, apresentados em exposição fixa na sede do INPA e empregados em populações indígenas. Parte do material está livremente disponível no site da instituição (<http://insetosaquaticos.inpa.gov.br/>).

2.1 QUANDO APLICAR ESSA CARTILHA?

Os procedimentos e informações contidos nessa Cartilha podem ser aplicados como instrumento de Educação Ambiental, tanto em Unidades de Conservação, como em municípios que queiram valorizar os recursos hídricos que os banham. Com a supervisão de especialistas em ecologia e taxonomia de macroinvertebrados, pode ser utilizada na gestão regional de microbacias, gerando diagnósticos preliminares da qualidade ecológica dos riachos que as compõem.



3 ORGANISMOS INDICADORES

Organismos indicadores são aqueles que apresentam distribuição preferencial, ou até restrita, a uma condição de qualidade.

No gráfico abaixo (Fig. 4) estão representadas as distribuições de densidade de seis organismos diferentes ao longo do gradiente de qualidade de um riacho, variando de excelente a péssima. É possível observar que o organismo A ocorre em ambientes de toda classe de qualidade e, na mesma faixa de densidade, não sendo, portanto, um bom indicador de uma condição específica. Por outro lado, os organismos B, C, D, E e F podem ser considerados bons indicadores, pois ocorrem preferencialmente e/ou atingem maiores densidades em uma determinada classe, podendo ser utilizados para caracterizar cada uma delas: B a classe excelente, C a boa, D a regular, E a ruim e F a péssima.

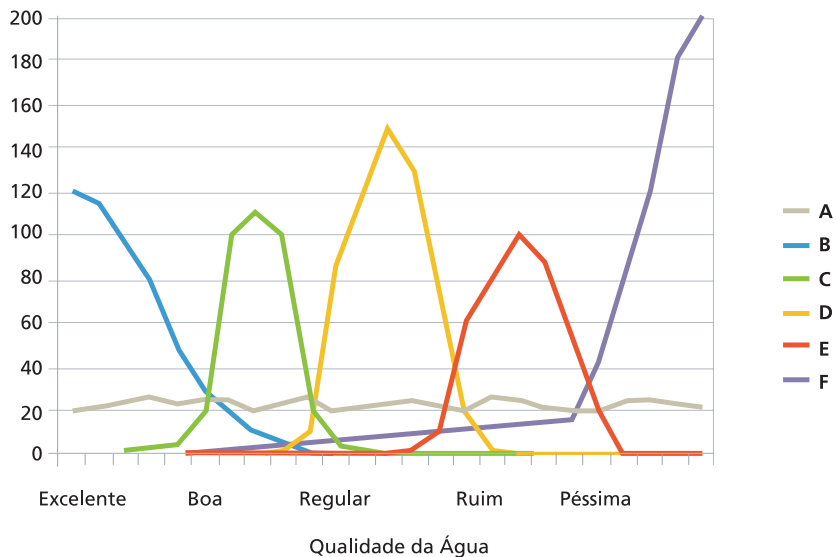


Figura 4 - Distribuição de potenciais organismos indicadores em um gradiente de qualidade ambiental
Fonte: CETESB, 2018

O Biomonitoramento usa como base o conhecimento dessa distribuição, no gradiente de qualidade, dos diferentes organismos que habitam o ambiente a ser diagnosticado. A partir disso, criam sistemas de classificação de qualidade conhecidos como índices biológicos. Como dito anteriormente, nesta Cartilha o índice aplicado é o IBVol.

O IBVol se utiliza do conceito de bioindicadores, dando notas ou pontos aos diferentes tipos de organismo de acordo com sua sensibilidade e tolerância aos poluentes. Quanto mais sensível, maior a pontuação do organismo. O valor do índice é a soma dos pontos obtidos pelos diferentes organismos indicadores presentes na amostra. O resultado é comparado a uma tabela de diagnóstico que qualifica o ambiente entre excelente e péssimo.

Para tanto, é preciso diferenciar e identificar os organismos, por meio de outro sistema de classificação utilizado pelo biomonitoramento com macroinvertebrados: o Sistema de Classificação Zoológico (Quadro 1), criado no século XVIII pelo naturalista sueco Lineu, para “organizar” e nomear as diferentes formas de vida existente no planeta. Cada nível de identificação está inserido nos superiores em uma organização similar às bonequinhas russas Matrioscas (Fig. 5).



Figura 5 - As bonequinhas russas Matrioscas representam a organização do sistema taxonômico

Quadro 1 - Classificação taxonômica do nosso fiel companheiro, o cão doméstico

Reino – Animal

Filo – Chordados

Subfilo – Vertebrados

Classe – Mamíferos

Ordem – Carnívoros

Família – Canídeos

Gênero – Canis

Espécie – Canis lupus

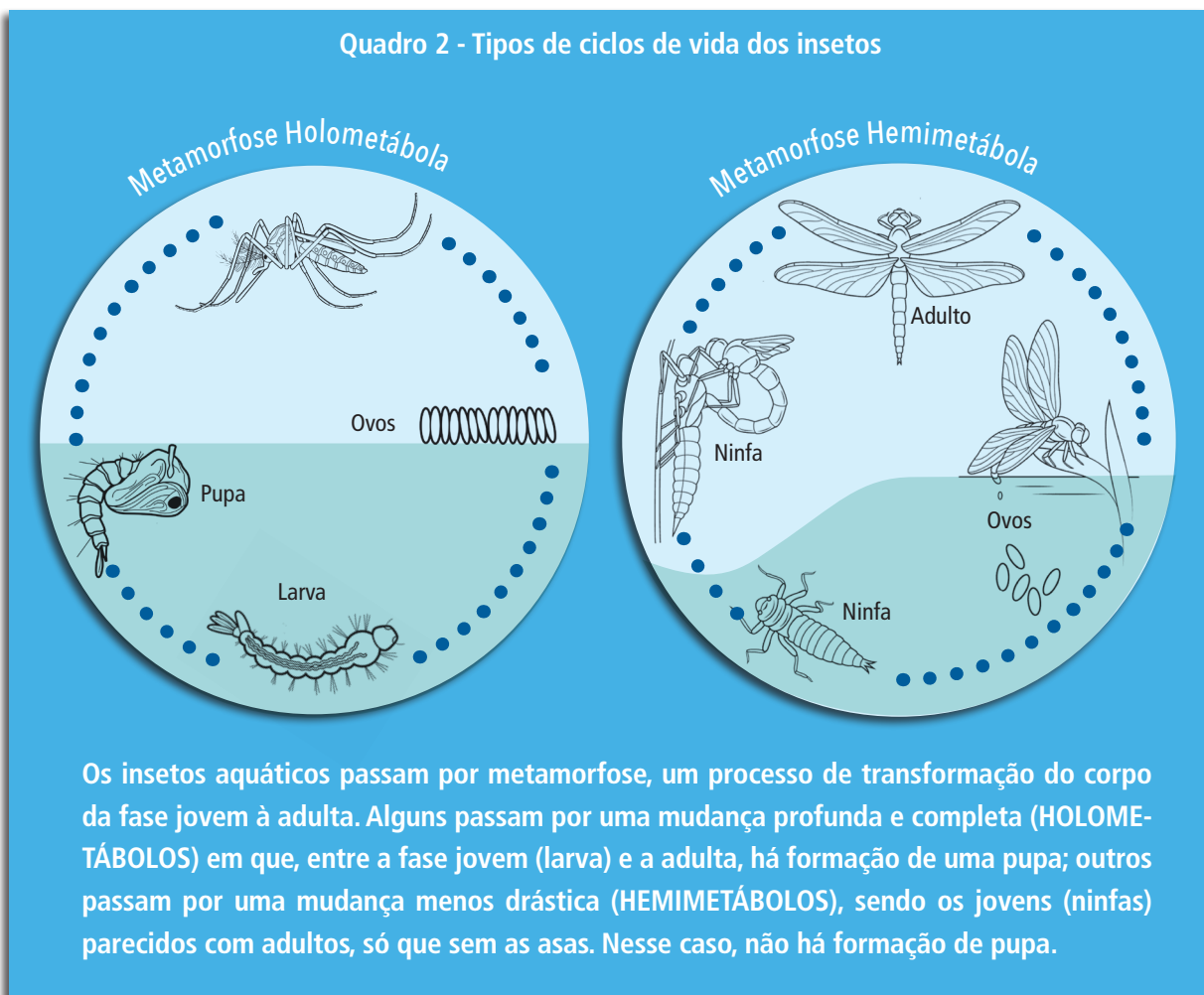
Subespécie *Canis lupus familiaris*

Reino, Filo, Classe, Ordem, Família, Gênero, Espécie e Subespécie são níveis diferentes de identificação (ou taxonômicos), do mais grosseiro, que engloba um número maior de formas de vida, ao específico, que nomeia uma única população. No biomonitoramento formal com macroinvertebrados, em geral, usa-se o nível de Família para classificar os ambientes. No Biomonitoramento com voluntários o nível é um pouco mais grosseiro, abrangendo de Ordem (ex. Plecoptera) a Subfilo (Crustáceos).

Para nomear corretamente os organismos foram geradas pranchas, pertencentes ao Kit de Biodiversidade (Apêndice A) e chaves de identificação (Apêndice C), juntamente com uma descrição rápida de cada grupo utilizado para o diagnóstico. É preciso ressaltar que outros organismos aquáticos podem ocorrer nas amostras, mas não foram aqui considerados por não serem utilizados no sistema de diagnóstico proposto.

Os macroinvertebrados compreendem diferentes grupos de organismos, como crustáceos, anelídeos, moluscos e insetos, sendo esse último o mais representativo em ambientes ribeirinhos, tanto em sua fase juvenil quanto, em alguns casos, adulta (Quadro 2). A seguir, serão apresentados os organismos indicadores utilizados no IBVol.

Quadro 2 - Tipos de ciclos de vida dos insetos



3.1 Ordem PLECOPTERA (Plecópteros)

Grupo de insetos cujos jovens (ninfas) se desenvolvem em ambientes aquáticos de água doce corrente (lóticos). O nome da Ordem decorre do fato dos adultos possuírem asas que se dobram sobre o abdome (do grego: *Pleco* = dobrar; *pteron* = asa). São considerados os mais exigentes em termos de oxigenação da água, desaparecendo logo que um local começa a receber excesso de material orgânico que, ao se decompor, "roubará" o oxigênio da água. São sensíveis às mudanças na composição e temperatura da água, sendo facilmente observados em ambientes preservados e/ou montanhosos. Podem ser encontrados sob pedras e folhas e em troncos submersos, mas também sobre lajes, já que as ninfas mais velhas se deslocam em direção às margens para emergir para o ambiente terrestre.

Existem dois tipos de ninfas, ambas possuem três pares de patas articuladas (divididas) no tórax e duas longas antenas (Fig. 6). Podem ser separadas dos outros grupos por exibirem duas caudas (cercos) (Fig. 6A). Um tipo de ninfa é mais cilíndrica e afilada (Figs 6C e D), com tufos de brânquias no final do abdome e a outra é bem achatada e robusta (Figs 6E e F), com grandes tufos de brânquias nas axilas das patas (Fig. 6B). Essa última em particular, é bastante rápida, movimentando-se de forma semelhante a uma barata. Cuidado, pois algumas vezes, um terceiro prolongamento pode ser observado entre as duas caudas. Nesse caso, as ninfas possuem vários espinhos pelo corpo (Fig. 6D)

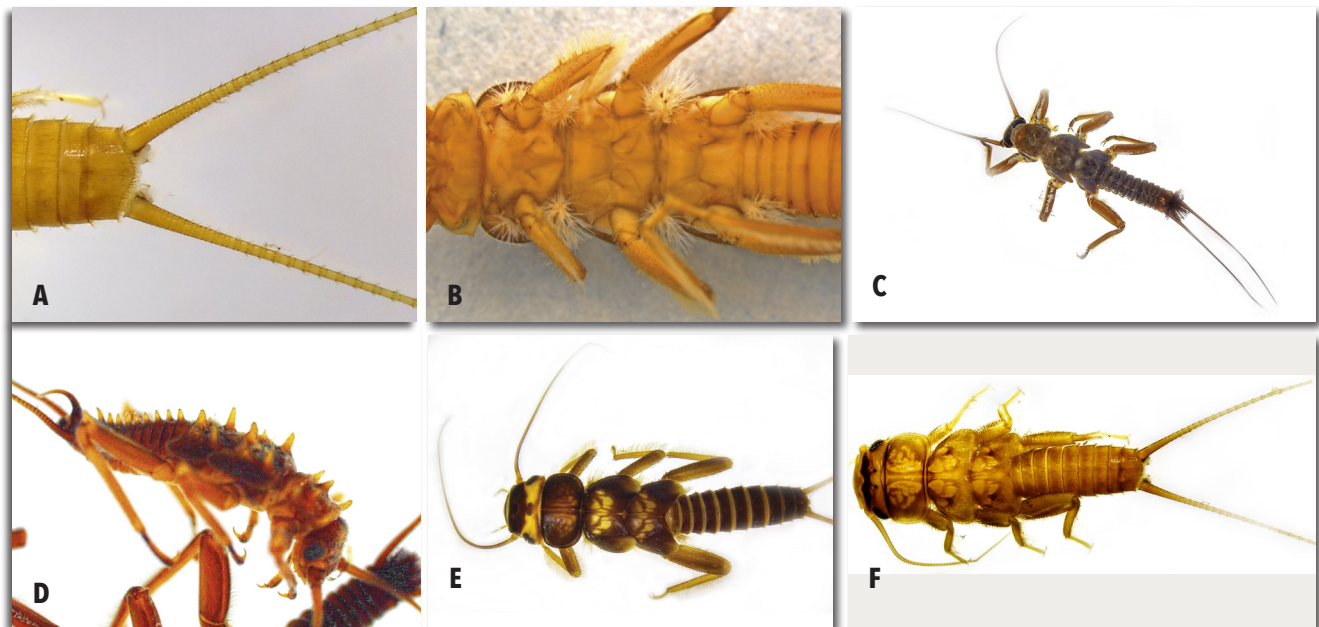


Figura 6 - Plecópteros

Fonte: CETESB, 2018

3.2 Ordem TRICHOPTERA (Tricópteros, João-Pedreiro)

Grupo de insetos cujos jovens (larvas) se desenvolvem em ambientes aquáticos de água doce, principalmente de água corrente, mas alguns poucos podem colonizar regiões litorâneas de lagos. Também são exigentes em termos de oxigenação das águas, mas algumas formas ("sem casulo") conseguem suportar uma poluição leve. O nome da Ordem baseia-se no fato dos adultos possuírem pelos (cerdas) nas asas (do grego: *Trichos* = pelos; *pteron* = asa), assemelhando-se a pequenas mariposas.

Possuem três pares de patas articuladas e um par de antenas inconspícuas, ou seja, dificilmente visível, mesmo com o uso de lupas (Figs 7 e 8). A presença de falsas patas anais carregando ganchos são as características que distinguem o grupo, mas podem ser de difícil visualização ao olho nu, assim como indivíduos de algumas famílias, como Glossosomatidae (Fig. 7K) e Hydroptilidae (Fig. 7L), que além de pequenos formam casas e se fixam na vegetação no final de seu estágio larval.

3.2.1 TRICHOPTERA "COM CASA"

São considerados os arquitetos da água doce. Podem ser conhecidos como joão-pedreiro, pois constroem casas que carregam consigo ao se movimentarem pelo ambiente (Fig. 7). Para a construção dessas casas, em geral alongadas (Figs 7A e B), mas algumas vezes similares às conchas de caramujo (Fig. 7C), utilizam diferentes tipos de materiais, inorgânicos (areia e outros minerais) (Figs 7A, B e C), orgânicos (pedaços de vegetais e conchas) (Figs 7D, E, F, G e H), uma mistura dos dois (Fig. 7I) ou podem utilizar apenas a seda produzida por glândulas bucais para colar seus "tijolinhos" (Fig. 7J). Algumas vezes também aproveitam o oco de ramos para se instalarem (Fig. 7H).

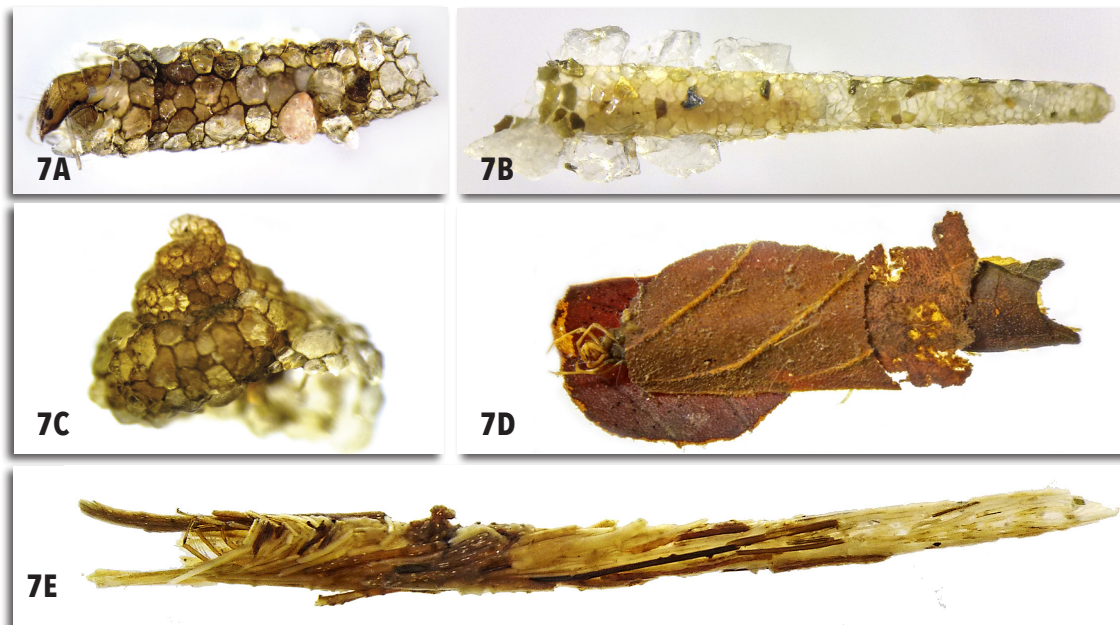


Figura 7 -
Tricópteros
com casa

continua...

continuação



Figura 7 - Tricópteros com casa
Fonte: CETESB, 2018

3.3.2 TRICHOPTERA “SEM CASA”

No lugar de casas portáteis, esse grupo de Trichoptera constrói abrigos (tendas) fixos ao substrato (Fig. 8A), utilizando também uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos. São organismos grandes, que podem apresentar brânquias abdominais (Fig. 8B) ou não (Figs 8A a D). Inclui-se nesse grupo uma família de indivíduos pequenos e que forma casas apenas no final do estágio larval (Figs 7L e 8F).

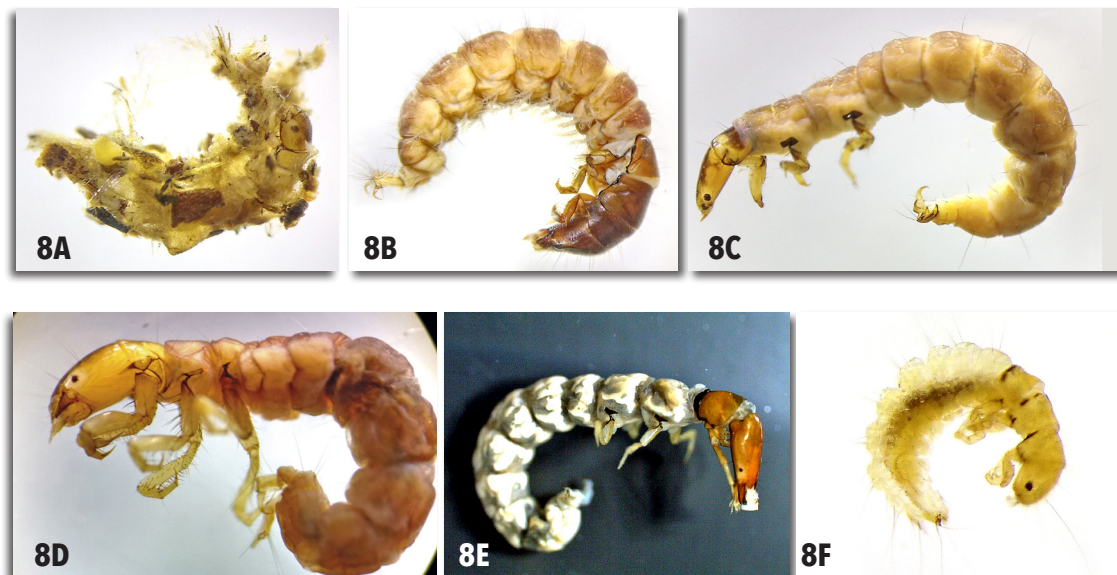


Figura 8 - Tricópteros sem casa Fonte: CETESB, 2018

3.3 Ordem EPHEMEROPTERA (Efemérides)

Grupo de inseto que, como no caso dos Plecópteros, a fase aquática é chamada ninfa, assemelhando-se ao adulto (Fig. 9). Podem ser encontrados em todo tipo de ambiente aquático de água doce, de corrente à parada, de pequenos córregos a grandes rios, sendo, no entanto mais diversificados em riachos de cabeceira. Seu nome também resulta de características da fase adulta, nesse caso, de seu curto (efêmero) tempo de vida (do grego: *Ephemero* = de curta duração; *pteron* = asas).

Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera (EPT) são considerados os grupos mais sensíveis à poluição em ambientes de água doce. Mas, como entre os Trichoptera, algumas espécies de Ephemeroptera conseguem suportar algum grau de poluição, especialmente o gênero *Campsurus* (Fig. 9A), que ocorre em locais intensamente eutrofizados. Por outro lado, quando se trata de poluição por metais pesados, Ephemeroptera é considerado o grupo mais sensível.

Como os Plecoptera, os Ephemeroptera possuem corpo alongado, muitas vezes achatado dorso-ventralmente, embora a forma mais comumente observada seja cilíndrica, e diferenciam-se daqueles por possuírem três cercos (Fig. 9B). Mas, atenção, algumas vezes o cerco do meio é bem reduzido (Fig. 9C). A presença de brânquias abdominais (Figs 9A a H) também pode ajudar na separação das ninfas das duas ordens, mas em alguns grupos as brânquias podem cair ou serem de difícil distinção, ficando “escondidas” sob uma brânquia maior (opercular) (Figs 9D, F e H).

O tamanho varia bastante no grupo, desde os imperceptíveis (<0,5 cm) até os “gigantes” (>5 cm) ! Alguns nadam rapidamente, enquanto outros podem caminhar lentamente ou ficar praticamente imóveis no fundo da bandeja (BUSS, 2008).

24

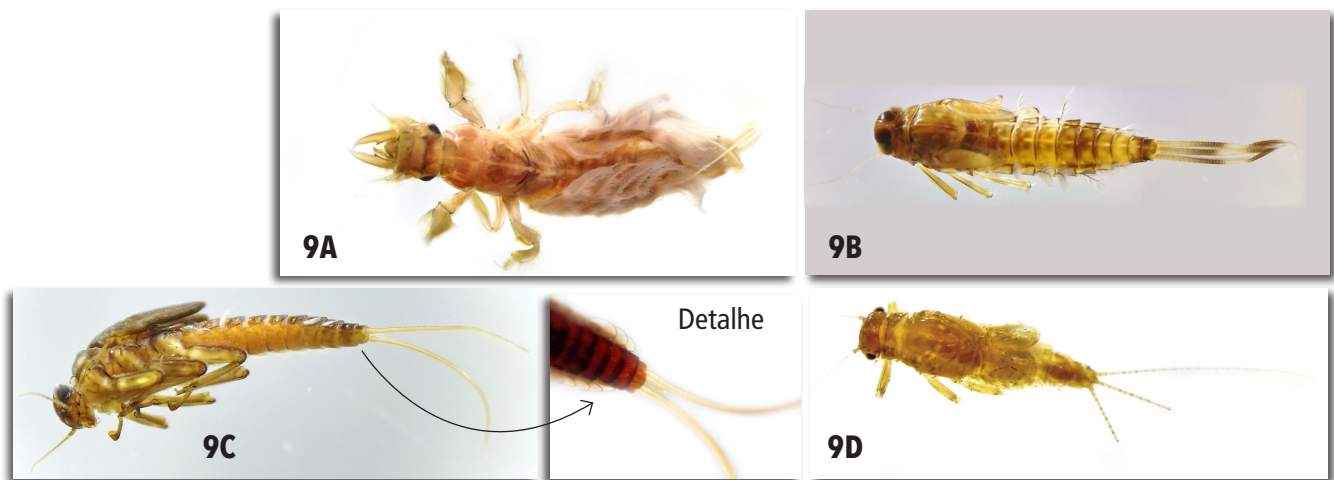


Figura 9 - Efemérides

OBS: A cor rosada em algumas fotos é artificial, sendo resultado do uso de corante.
Fonte: CETESB, 2018

continua...

continuação



Figura 9 - Efemérides

OBS: A cor rosada em algumas fotos é artificial, sendo resultado do uso de corante.

Fonte: CETESB, 2018



3.4 Ordem MEGALOPTERA (Megalópteros)

Como o próprio nome diz, os indivíduos da Ordem Megaloptera (do grego: *Mega* = grande; *pteros* = asas) são insetos de grandes proporções, tanto o adulto como suas larvas aquáticas (Fig. 10). São encontrados em rios de pequeno e médio porte, em geral abrigados sob pedras ou entre folhas caídas das árvores (folhiço). Possuem preferência por água fria e bem oxigenada, mas podem suportar um pouco de poluição.

25

Existem dois tipos de larvas. Uma possui um prolongamento central (Fig. 10A) e outra um par de falsas patas com ganchos (Fig. 10B), no final do abdome. As larvas possuem mandíbulas poderosas e brânquias ao longo do abdome. Cuidado para não confundir as brânquias, que não possuem articulação, com os três pares de patas articulados.

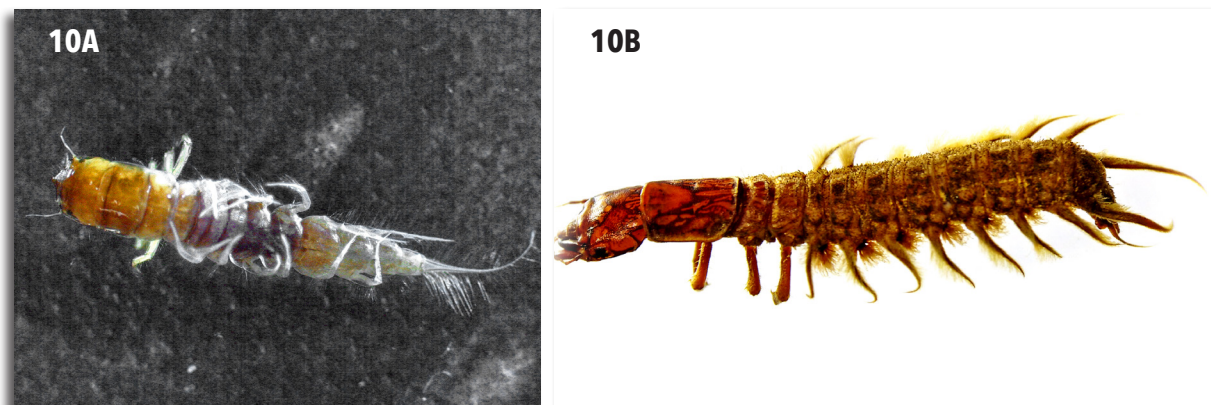


Figura 10 - Megalópteros

Fonte: CETESB, 2018

3.5 Ordem COLEOPTERA (Besouros)

Ao contrário das ordens anteriores, indivíduos de Coleoptera podem ser encontrados em todo tipo de ambiente aquático, tanto em sua fase imatura (larvas) quanto adulta alada (Figs 11 e 12). Os adultos são mais facilmente identificados, não só por serem nadadores ágeis, como pelo fato de que besouros fazem parte da vida de todos desde a infância. Afinal, quem já não brincou com uma joaninha? A característica mais importante do grupo é o fato de que seu primeiro par de asas é duro (élitro) e recobre o segundo, membranoso. Daí, provém o nome do grupo (do grego: *Koleos* = estojo; *pteros* = asas).

Como as ordens EPT, a maioria dos Coleoptera desaparece do ambiente com a poluição, mas alguns são bastante tolerantes, como espécies da família Hydrophilidae, que podem ser encontradas em água corrente com aporte significativo de esgoto doméstico.

A forma do corpo do adulto (Fig. 11) é bastante variável. Pode ser alongada (Fig. 11A) ou arredondada (Fig. 11B), achatada dorso-ventralmente (Fig. 11C) ou comprimida lateralmente (Fig. 11D), brilhante e colorida (Fig. 11C), brilhante e escura (Figs 11D, E e F) ou opaca e escura (Fig. 11G). Pode ter bico (Fig. 11H). Em geral o élitro é longo (Figs 11B, C, D, e, F), cobrindo todo o abdome, mas pode ser curto (Fig. 11A).

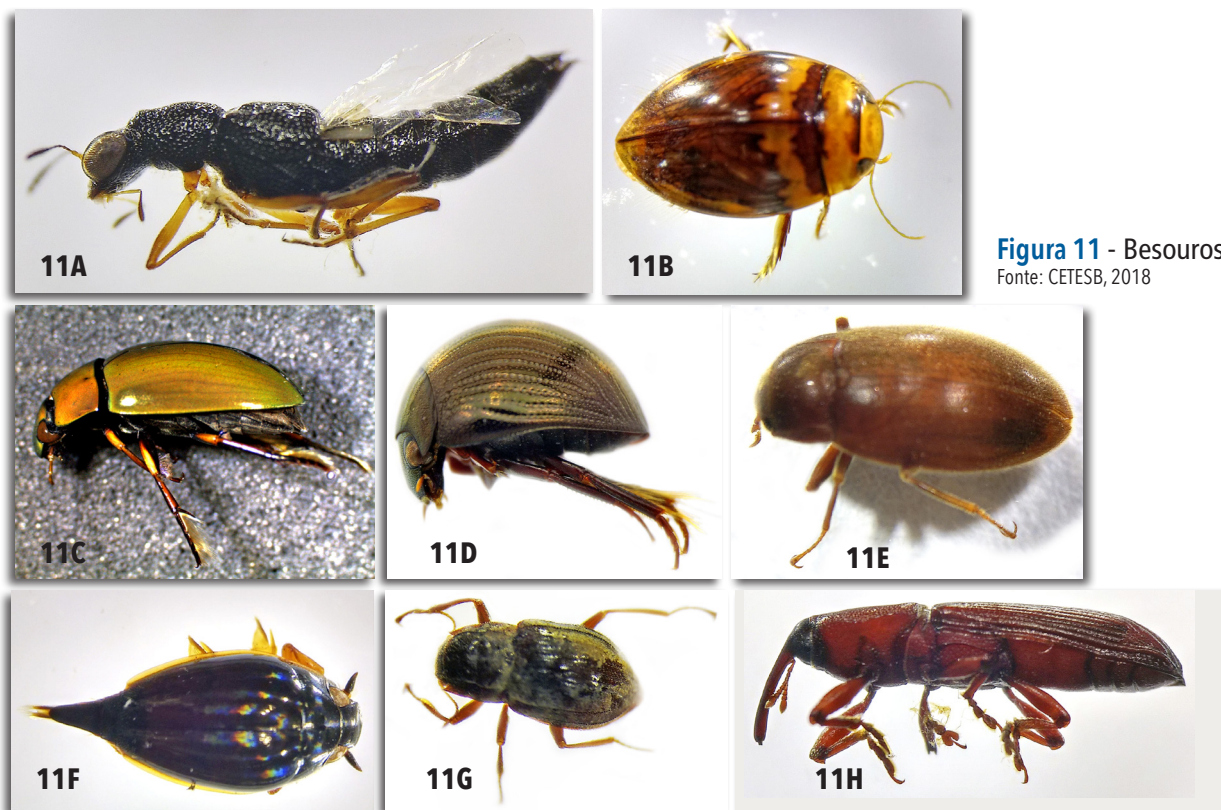
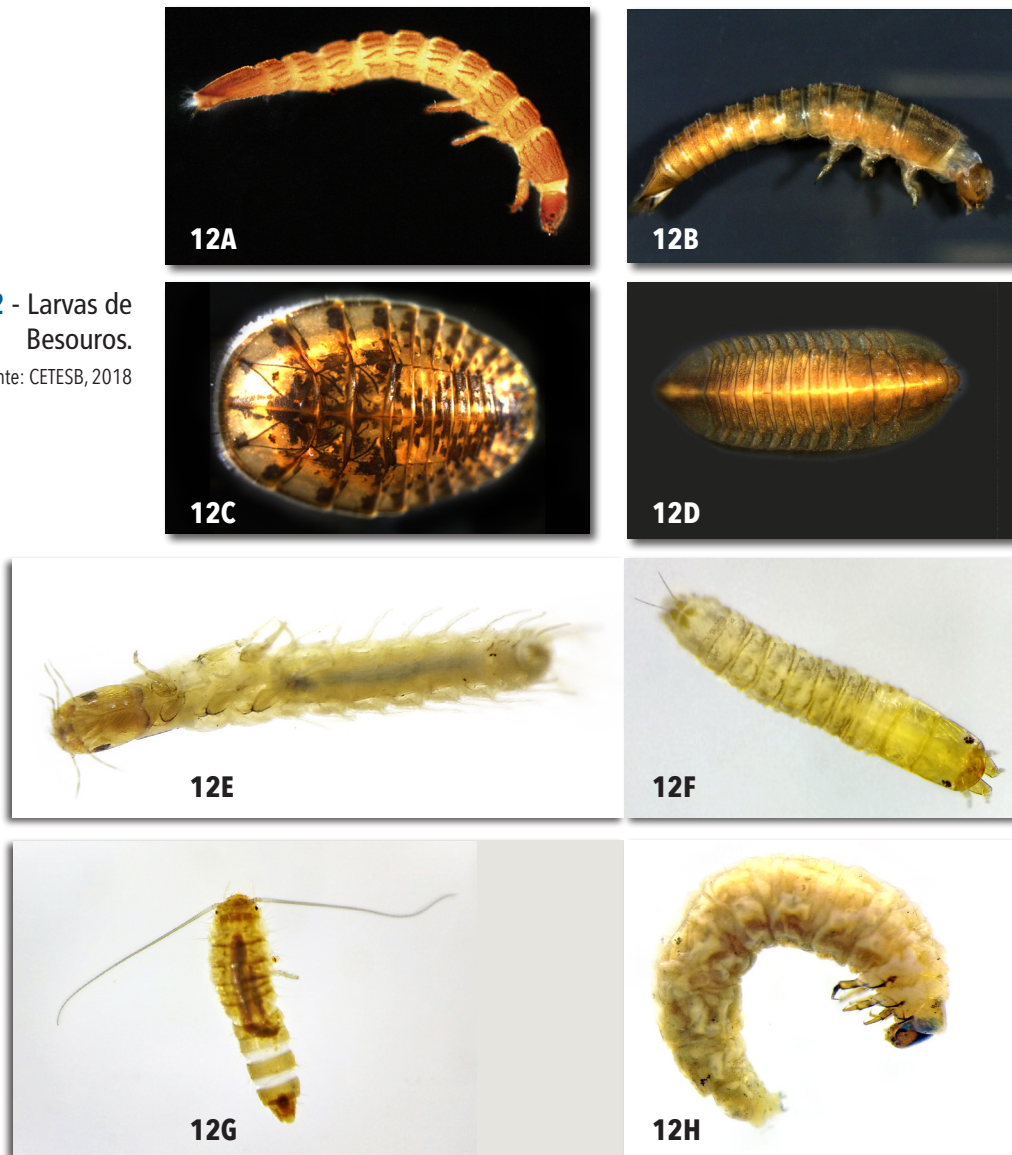


Figura 11 - Besouros
Fonte: CETESB, 2018

As larvas podem ser mais dificilmente reconhecidas (Fig. 12), embora algumas sejam bastante ágeis e possam “se destacar” no material vivo. O formato do corpo, assim como no adulto, é bastante variável, mas na maioria das vezes é alongado e cilíndrico (Figs 12A e B), sendo possível distinguir os três pares de patas torácicas. Pode ser mais ou menos achatado dorso-ventralmente, arredondado (Fig. 12C) ou alongado (Fig. 12D) e apresentar prolongamentos (Fig. 12E) ou não (Fig. 12F). Pode também assemelhar-se a uma pequena “baratinha” aquática com longas antenas (Fig. 12G), que muitas vezes podem se quebrar, ou ser rechonchuda como uma larva de Diptera (Fig. 12H), se diferenciando dessas por possuir três pares de patas torácicas articuladas.

Figura 12 - Larvas de Besouros.

Fonte: CETESB, 2018



3.6 Ordem DIPTERA (Moscas, mosquitos)

Ordem de insetos cujo adulto possui apenas um par de asas (do grego: *Di* = duas; *pteros* = asas). Moscas e mosquitos pertencem a esse grupo. Suas larvas ocorrem em todo tipo de ambiente aquático, podendo se aproveitar até de poças temporárias e fitotelmatas (ambientes aquáticos formados em plantas terrestres como heliconias e bromélias) para desenvolver suas populações (Figs 13 e 14).

Embora esse grupo englobe algumas espécies bastante tolerantes, como o gênero *Chironomus* (Fig. 14a), provavelmente o mais tolerante à poluição por esgotos entre os insetos aquáticos, também existem representantes só encontrados em riachos protegidos da ação antrópica. De forma simplificada, as larvas são divididas entre aquelas “sem cabeça” e “com cabeça”. Isso se refere à existência ou não de cápsula cefálica na larva e reflete uma diferença de sensibilidade. De modo geral, larvas sem cabeça são menos tolerantes a poluição, contudo cabe lembrar que não é regra, podendo ser encontradas larvas com essas características em ambientes bastante poluídos.

Algumas larvas respiram o oxigênio dissolvido na água e outras utilizam o oxigênio atmosférico, captando-o por espiráculos (uma abertura, ou “respiradouro”), algumas vezes localizados na ponta de sífões, como nos Sirfídeos (Fig. 14j). No primeiro caso, algumas larvas, como o *Chironomus*, possuem pigmentos similares à nossa hemoglobina, aumentando a eficiência na tomada de oxigênio, resistindo melhor à baixa oxigenação da água.

28

As larvas de Diptera são menores do que as formas imaturas das ordens anteriores, caracterizando-se pela ausência de patas verdadeiras, articuladas. Mas podem exibir falsas patas no tórax e/ou no abdome. O corpo, geralmente alongado, pode ser liso ou apresentar saliências, placas, tubérculos, brânquias ou sífões. Na amostra viva, embora pequenos, são fáceis de serem observados, pois se movem freneticamente em movimentos serpenteantes.

3.6.1 DIPTERA “SEM CABEÇA”

Essas larvas não possuem cabeça aparente e, na maioria das vezes, apresentam em seu lugar apenas as peças bucais (Fig. 13). Eventualmente a cabeça pode existir, mas se retrai para dentro do tórax (Figs 13A e B). Nesse caso, as larvas são grandes e geralmente exibem um ornamento no final do abdome, onde se encontram os espiráculos, cavidades por onde respiram o ar atmosférico. Os grupos realmente “sem cabeça” são em geral pequenos e não apresentam muita ornamentação (Figs 13C a E), assemelhando-se às larvas encontradas em alimentos estragados.

Figura 13 - Dípteros
“sem cabeça”

Fonte: CETESB, 2018



continua...

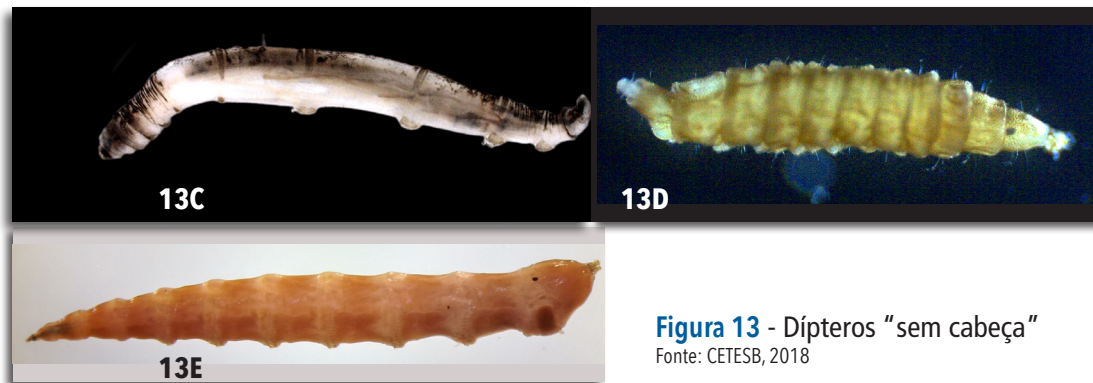


Figura 13 - Dípteros "sem cabeça"

Fonte: CETESB, 2018

3.6.2 DIPTERA "COM CABEÇA"

Com cápsula cefálica diferenciada, essas larvas podem ser bastante diversificadas em forma (Fig. 14), sendo, embora ainda pequenas em tamanho, mais facilmente visualizadas que as anteriores. Podem se enterrar nos sedimentos (Fig. 14A), se fixar às paredes de cachoeiras e corredeiras (Fig. 14B – larvas de borrachudo) ou se prender, de ponta cabeça, no filme de tensão superficial (Fig. 14C – larvas de mosquitos). Podem ter o corpo totalmente liso (Fig. 14D), apresentar tubérculos (Fig. 14E), placas (Figs 14F, G e H) ou ventosas (Fig. 14I) ao longo do corpo ou brânquias (Figs 14Ae B) ou sifão respiratório (Figs 14C, I e J) no final do abdome.

Embora as larvas de sirfídeos (Fig. 14J) não apresentem uma cabeça evidente, elas são pontuadas nesse grupo porque são capazes de colonizar locais altamente poluídos por esgoto, uma vez que, por respirar o ar atmosférico, não são afetadas pela queda do oxigênio presente na água. O grande sifão respiratório e o corpo entumecido, de aspecto aveludado facilitam sua identificação.

29



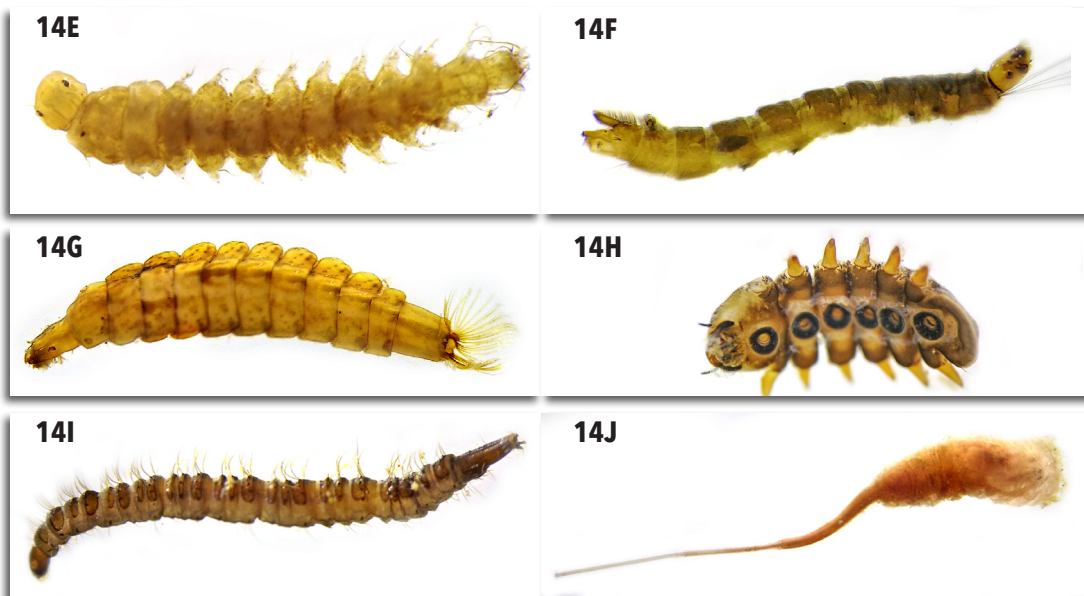
Figura 14 - Dípteros "com cabeça"

OBS: A cor rosada em algumas fotos é artificial, sendo resultado do uso de corante.

Fonte: CETESB, 2018

continua...

continuação

**Figura 14** - Dípteros "com cabeça"

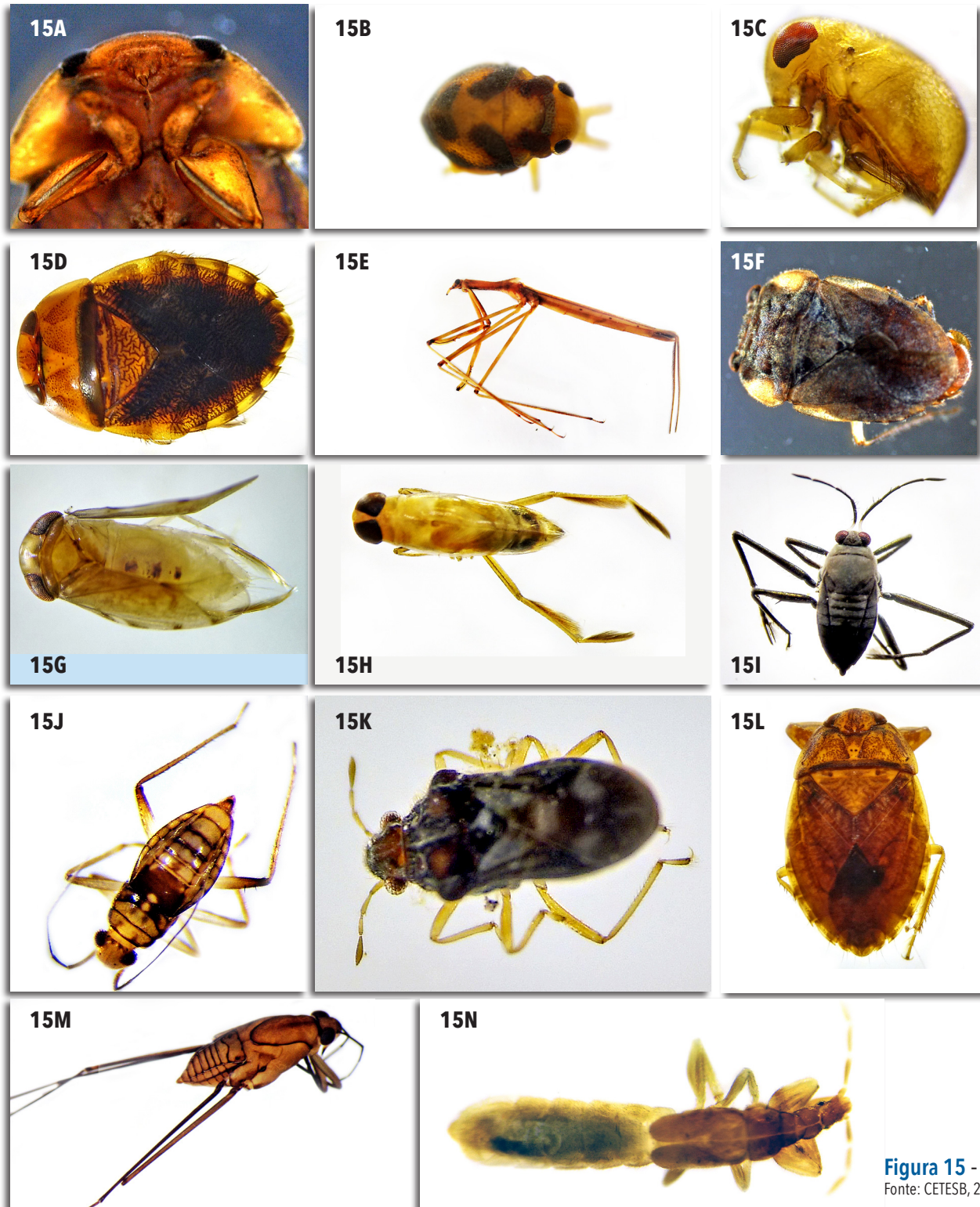
OBS: A cor rosada em algumas fotos é artificial, sendo resultado do uso de corante.

Fonte: CETESB, 2018

3.7 Ordem HEMIPTERA (Percevejos)

Como com os Coleoptera, os Hemiptera podem ocorrer em todo tipo de ambiente aquático, tanto na forma imatura (ninfas), como adulto alado (Fig. 15). Na fase de ninfas, as formas jovens são muito parecidas com os adultos, só que sem as asas. Nos adultos, as asas anteriores são chamadas de hemiélitro, apresentando diferença de textura entre a base, mais dura, e o ápice, membranoso (do grego: *Hemi* = metade; *pteros* = asas). São os percevejos e os insetos que vemos "patinam" sobre a água (Figs 15H,I e K). A contaminação dos ambientes aquáticos por substâncias capazes de alterar a tensão superficial da água (por exemplo, óleo e detergente) afetam diretamente a sobrevivência dos organismos patinadores que, portanto, são bons indicadores desse tipo de poluição.

Diferenciam-se das demais ordens de insetos aquáticos por apresentar a boca em forma de bico, visível apenas ventralmente, que se dirige para trás (Fig. 15A). É um grupo bastante diversificado em tamanho e formato de corpo, podendo ser muito pequenos (Figs 15B e C), passando facilmente despercebidos na amostra, ou muito grandes (Figs 15E, L, M e N). Arredondados (Figs 15B e C), arredondados e achatados dorso-ventralmente (Fig. 15D), ovalados e achatados dorso-ventralmente (Fig. 15L), afilados (Fig. 15E), robustos (Figs 15F e L) ou delicados (Figs 15G a J).



3.8 Ordem ODONATA (Libélulas, Donzelinhas)

Essa é provavelmente a Ordem mais conhecida e admirada de insetos aquáticos, pelo menos em sua fase adulta, quando são chamadas de libélulas, donzelinhas, lavadeiras ou lava-bundas. Ocorrem como ninfas em todos os tipos de ambientes aquáticos de água doce: córregos, ribeirões, rios e na região marginal de lagos e reservatórios. Seu nome significa "dentes" (do grego: *Odon* = dentes).

São relativamente resistentes às alterações promovidas por atividades humanas, especialmente ao desmatamento. As ninfas apresentam duas formas diferentes, com caudas (Fig. 16) e sem caudas (Fig. 17), que recebem a mesma pontuação no índice, mas a presença das duas deve ser computada duplamente. As ninfas de Odonata são reconhecidas pela presença de uma peça bucal chamada máscara (Fig. 17H), por cobrir a boca. Essa peça é importante para a captura de presas, pois as libélulas, tanto na fase imatura quanto adulta são vorazes predadores, podendo dar prejuízos às pisciculturas, por se alimentarem, inclusive, de alevinos.

3.8.1 ODONATA "COM CAUDA"

Nesse grupo as ninfas apresentam o corpo afilado, terminando em três lâminas (brânquias) caudais (Figs 16A, B e C). É preciso cuidado na manipulação e identificação, porque as lâminas muitas vezes caem (Fig. 16D).

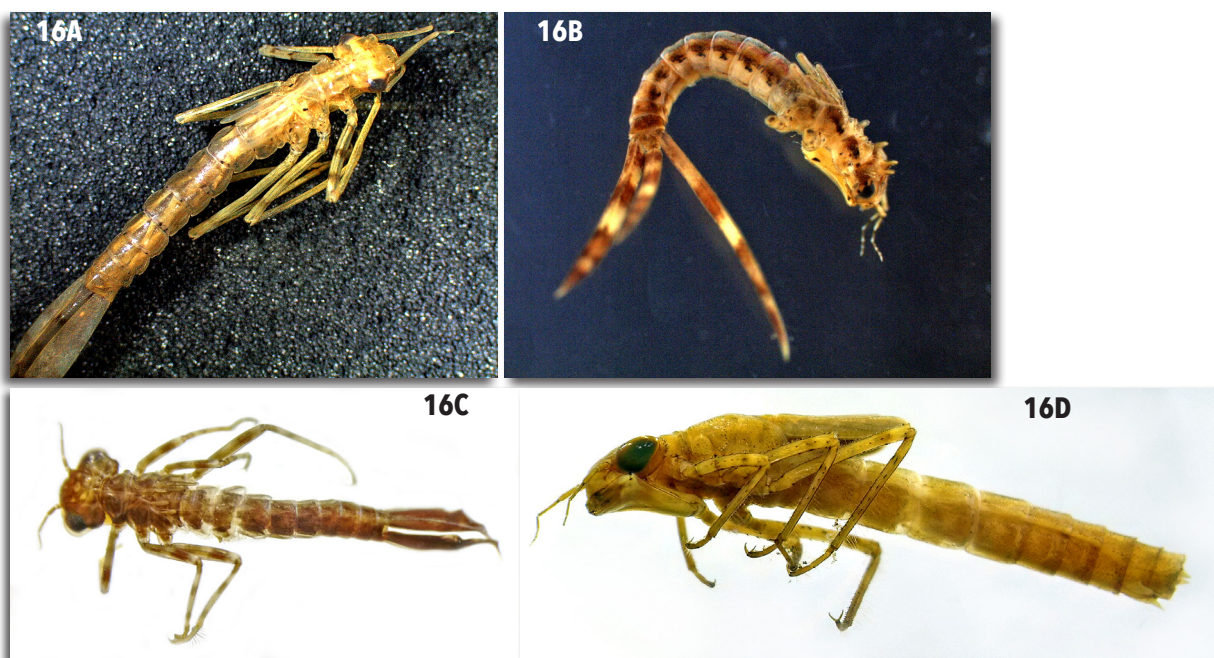


Figura 16 - Odonata com cauda

Fonte: CETESB, 2018

3.8.2 ODONATA “SEM CAUDA”

Nesse grupo as ninfas são robustas, com terminação abdominal semelhante a uma coroa (Figs 17A a G), embora algumas vezes o corpo possa ser mais alongado (Figs 17E a G) e terminar em um prolongamento (Fig. 17G).

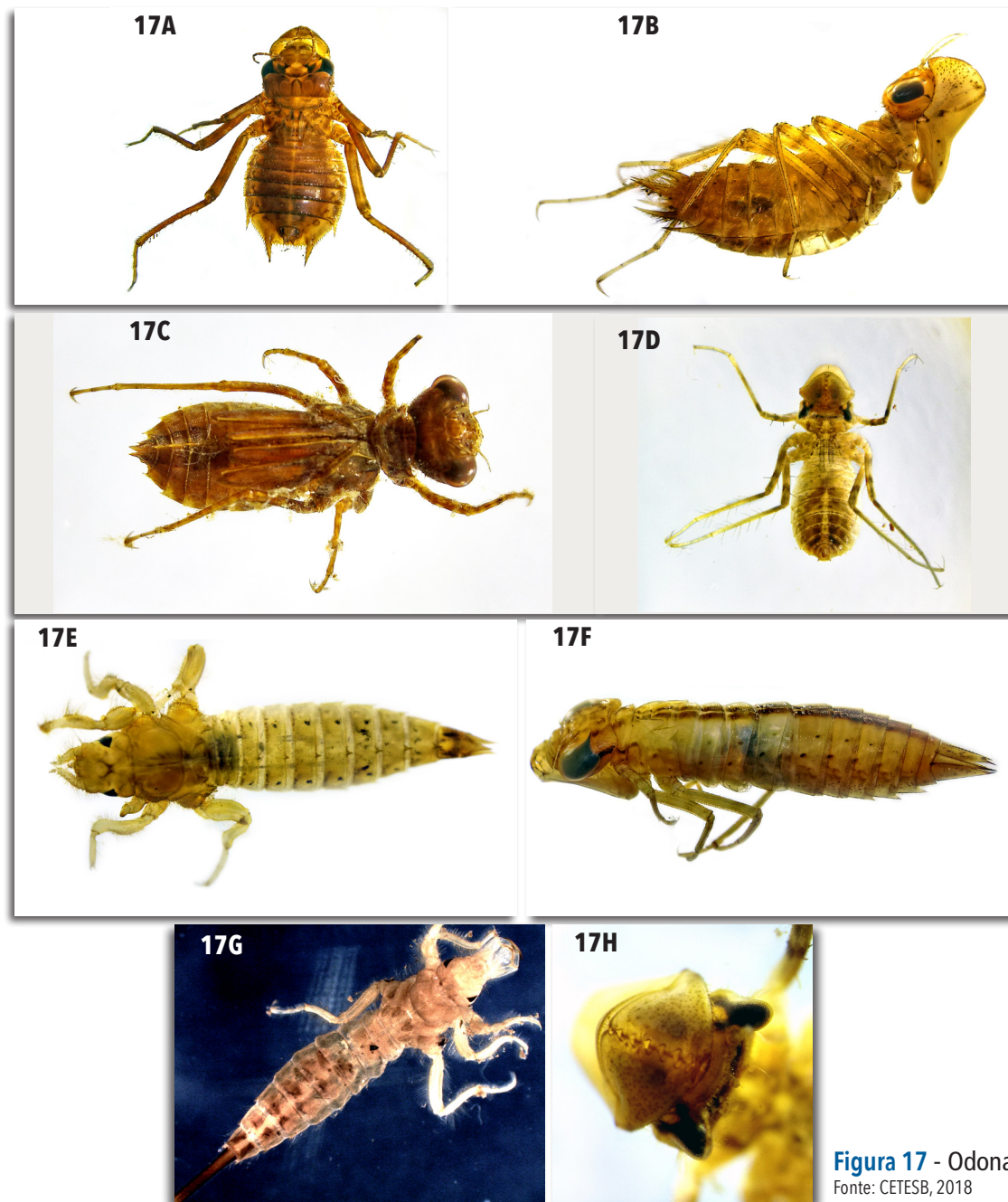


Figura 17 - Odonata sem cauda
Fonte: CETESB, 2018

3.9 Subfilo CRUSTACEA (Pitús, Caranguejos)

Diferentemente dos insetos, os crustáceos vivem todo seu ciclo no ambiente aquático. Possuem cinco pares de patas torácicas articuladas, o mais anterior terminando em uma pinça e dois pares de antenas.

Ocorrem em ambientes de água corrente, de pequeno a grande porte, e lagos. São especialmente sensíveis à acidificação, já que apresentam exoesqueleto calcário.

Na água doce, ocorrem representantes de pequeno porte (Fig. 18), de corpo comprimido lateralmente, conhecidos como anfípodas (Amphipoda)(Fig. 18A), podem ser reconhecidos na bandeja de amostra pela forma rápida com que deslizam, parecendo pequenas pulgas brancas. Mas, os principais membros desse grupo são chamados decápodos (Decapoda), representados pelas espécies de *Aegla* (Fig. 18B), camarões ou pitús (Fig. 18C) e caranguejos (Fig. 18D).

Quadro 3 - Espécies Exóticas Invasoras (EEI)

Espécies exóticas são aquelas que originalmente não ocorriam na bacia hidrográfica e passaram a ocorrer por introdução acidental ou proposital pelo ser humano. Elas serão consideradas invasoras quando prejudicarem as espécies nativas, podendo inclusive levá-las à extinção. EEIs podem vir de bacias próximas, como o tucunaré, da Amazônia, introduzido na Bacia do rio Paraná, ou de outros continentes, como o mexilhão-dourado, vindo da Ásia, que forma touceiras (foto) ou prende-se a estruturas, como boias, tubulações e tanques-rede.



É preciso atenção para a ocorrência de Espécies Exóticas Invasoras (EEI) (Quadro 3). Entre os crustáceos, duas espécies são preocupantes e devem ter suas ocorrências registradas: 1) o lagostim norte-americano, *Procambarus clarkii* (Fig. 18e), que entrou no país como bichinho de estimação e foi solto em lagoas de parques urbanos pelos donos “arrepentidos”, causando grande dano para a fauna que vivia naqueles locais; e 2) o camarão da Malásia, *Macrobrachium jelskii* (Fig. 18f), de importância comercial e produzido pela aquicultura, que pode não prevenir adequadamente seu escape para o ambiente natural, onde também causam dano à biota local.

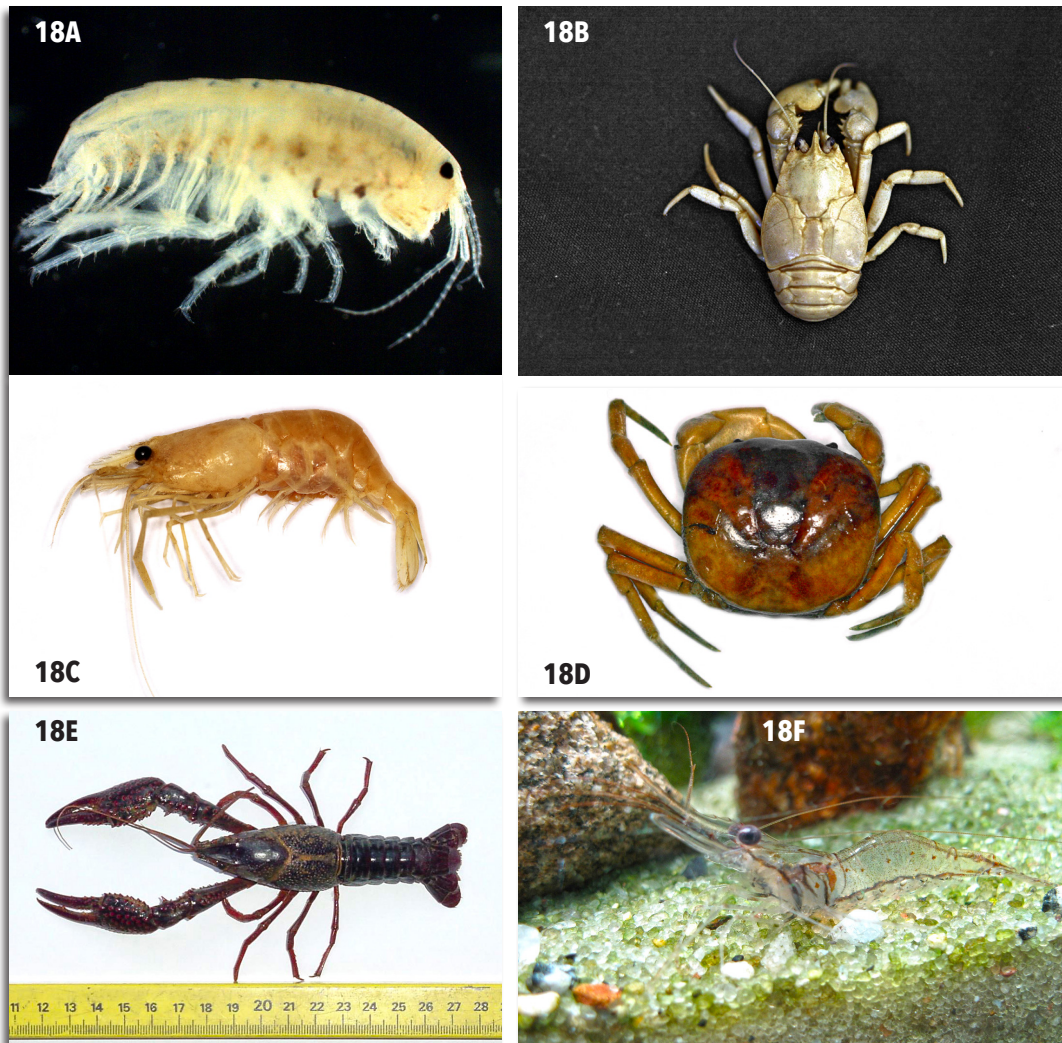


Figura 18 - Crustáceos

Fonte: CETESB, 2018

Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013

Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013

Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013

Fonte: prof. Dr Sérgio Luiz de Siqueira Bueno (IB-USP), 2000

Fonte: Minoro Nagayama (site Planeta Invertebrados), 2012

3.10 Filo MOLLUSCA (Mexilhões e Caramujos)

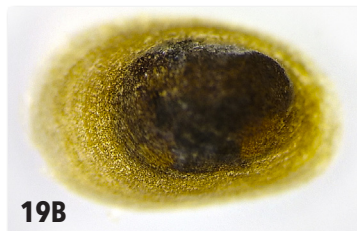
Também passam toda sua vida no ambiente aquático, seja lótico ou lântico. Animais de corpo mole, protegido por concha calcária única (Gastropoda) ou dupla (Bivalvia) (Fig. 19), são sensíveis à acidificação como os crustáceos, mas espécies da família Physidae (Fig. 19a) podem ocorrer em ambientes fortemente deteriorados por esgoto doméstico.

Em ambientes rasos e de água corrente, foco desse biomonitoramento, geralmente ocorrem formas de menor tamanho (Figs 19A a E), enquanto que os de maior porte podem ser encontrados em rios e reservatórios (Figs 19F a I), muitas vezes enterrando-se no lodo. Os pequenos gastrópodos (Figs 19A a D) poderão ser observados na bandeja aderidos às paredes, onde caminham deslizando. Já o pequeno bivalve (Fig. 19E) será visto no fundo, semelhante a pequenas pedrinhas brancas, algumas vezes com pintinhas escuras.

Nesse grupo também será importante o registro de espécies exóticas invasoras - EEI quando ocorrerem. Duas espécies encontram-se mais espalhadas no estado de São Paulo e próximas da região de cabeceiras: *Melanooides tuberculatus* (Fig. 19J) e *Corbicula fluminea* (Fig. 19K). A terceira, mais agressiva e danosa, só tem sido registrada na região sudeste nas áreas baixas das bacias: *Limnoperna fortunei* (Fig. 19L), o mexilhão dourado.



19A



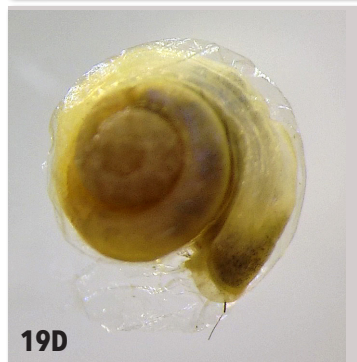
19B

Fonte: CETESB, 2018

Fonte: CETESB, 2018



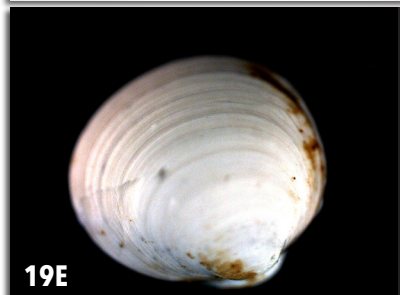
19C



19D

Fonte: CETESB, 2018

Fonte: CETESB, 2018



19E



19F

Fonte: CETESB, 2018

Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013

Figura 19 - Moluscos

continua...

continuação



Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013



Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013



Fonte: CETESB, 2018



Fonte: CETESB, 2018



Fonte: Carlos Barbosa Pinto, 2013



Fonte: CETESB, 2018

Figura 19 - Moluscos

3.11 Classe TURBELLARIA (Planárias)

Também conhecidos como planárias, são organismos de corpo mole e achatado, com a parte dorsal escura (preta a castanha) (Fig. 20A) e a ventral mais clara (Fig 20B), de onde sai um tubo (probóscide) retrátil com o qual capturam suas presas e se alimentam. São facilmente observados deslizando no fundo da bandeja de amostragem.



Figura 20 - Planárias
Fonte: CETESB, 2018

3.12 Subclasse HIRUDINEA (Sanguessugas)

São as sanguessugas. Animais de corpo mole, dividido (Fig. 21A) e com ventosas nas partes anterior e posterior (Fig. 21B). Da ventosa anterior pode sair um tubo (probóscide) (Figs 21B e C) usado na captura de presas e alimentação. Em riachos são de pequeno porte, brancas (Fig. 21A), às vezes com manchas (Fig. 21C). Para andar fixam-se ao substrato com a ventosa anterior, puxando a porção posterior. Ocorrem em todo tipo de ambiente, incluindo os poluídos. Algumas sanguessugas carregam sua cria em uma cavidade abdominal formada no período de procriação (Fig. 21D).

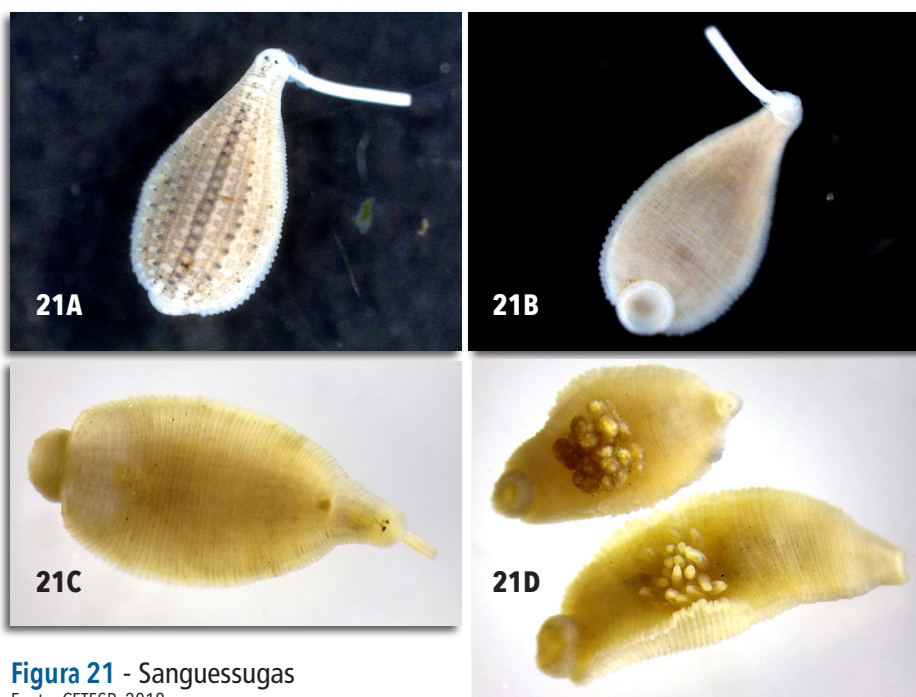


Figura 21 - Sanguessugas
Fonte: CETESB, 2018

3.13 Subclasse OLIGOCHAETA (Minhocas)

São as minhocas, que ocorrem também no ambiente aquático (Fig. 22). Organismos de corpo mole, cilíndrico e dividido, podem ser pequenos (Figs 22A e B), de difícil visualização mesmo na amostra viva, ou grandes (Figs 22C a H), às vezes até avermelhados (Fig. 22C), observados se contorcendo no fundo da bandeja.

Nesse grupo encontra-se a espécie mais tolerante aos esgotos domésticos (*Limnodrilus hoffmeisteri*) (Fig. 22G), sendo o último organismo a desaparecer do ambiente à medida que esse tipo de poluição avança no corpo de água. Na ausência de inimigos (predadores e competidores) e com excesso de alimento, formam grandes populações em regiões de remanso de riachos poluídos. Essas populações são bastante exploradas por lojas de aquarismo, por ser alimento apreciado por peixes, incluindo os ornamentais.



Figura 22 - Minhocas

OBS: A cor rosada em algumas fotos é artificial, sendo resultado do uso de corante.

Fonte: CETESB, 2018



4 PADRONIZAÇÕES PARA O BIOMONITORAMENTO

É essencial, para a comparação entre dados de diferentes datas e lugares, objetivo do monitoramento, que os métodos de sua obtenção sejam padronizados.

4.1 QUANDO AMOSTRAR?

A amostragem em riachos e rios deve ser evitada no período de chuvas, por dois motivos:

- a) A segurança da equipe, já que o nível de água pode subir muito e repentinamente, formando uma onda de cheia ou “cabeça-d’água”, em decorrência de chuvas intensas nas cabeceiras;
- b) A lavagem, ou carreamento, dos organismos, uma vez que, por mais adaptados que sejam à vida na correnteza, em picos de vazão muitos são desalojados e arrastados rio abaixo.

40

**CHECAR A
PREVISÃO DO TEMPO
ANTES DE SAIR PARA
CAMPO.**

**SE FOR CHOVER,
ADIE A ATIVIDADE!**

A primavera também poderia ser evitada, pois sendo período reprodutivo, muitas populações podem estar em fases iniciais de desenvolvimento, quando a identificação é mais difícil. Embora em clima tropical, em geral, a reprodução ocorre em mais de um período ao ano, ocorrendo estágios larvas de diferentes idades, simultaneamente.

O inverno é o período mais adequado para a amostragem e o diagnóstico. A baixa frequência e intensidade de chuvas nessa época do ano, além de eliminar o risco de acidentes por ondas de cheia, faz com que o volume de água diminua bastante. Com isso, a capacidade de diluição do rio também será menor, de forma que os poluentes ficarão mais concentrados, refletindo de forma mais fidedigna os danos que a poluição impõe sobre a biota.

4.2 ONDE AMOSTRAR?

Os riachos em geral são ambientes bastante heterogêneos, com regiões de cachoeiras, corredeiras e remansos. Se observado mais de perto, em alguns trechos podem existir troncos aprisionados entre pedras, folhas acumuladas no fundo de um remanso, margens formando prainhas de fundo arenoso, remansos de fundo lodoso, musgos, algas e plantas aquáticas, além de raízes e ramos submersos de vegetação terrestre. Esses pequenos universos são denominados mesohabitats (Fig. 24). Os organismos aquáticos escolhem para morar (colonizar) o local que melhor supre suas necessidades. Ao longo do tempo, muitas espécies de organismos que vivem em corredeira, modificaram a forma de seu corpo para serem mais hidrodinâmicos (alongados e achatados) e

assim resistirem à força da água que os “empurra” rio abaixo. Além disso, desenvolveram ganchos, ventosas, conchas e outras estruturas que os ajudam a ancorar. Por outro lado, em remansos são encontrados organismos que gostam de se enterrar. Muitos insetos aquáticos, quando vão sair do ambiente para se tornarem adultos, migram para as margens ou para o limite da linha-d’água em lajes de pedra. Nessas regiões poderão ser coletados exemplares de muitos grupos de macroinvertebrados, maiores, mais maduros e, portanto, de mais fácil identificação.

Em rios de maior porte, onde não é possível adentrar caminhando, a amostragem deve ser realizada junto às margens em que existam pedras grandes para servir de apoio e em regiões de cachoeira. Mesohabitats similares aos existentes nos riachos poderão ser encontrados e explorados.

A metodologia de aplicação do índice (IBVol) identifica para a amostragem quatro tipos básicos de mesohabitats (BUSS, 2008):

1. Substrato fino: areia e lodo
2. Pedras: cascalho, pedra solta e laje, que pode ser horizontal ou vertical (paredão da cachoeira)
3. Vegetação marginal, submersa e folhiço em remanso
4. Vegetação marginal, submersa e folhiço em correnteza

Substrato fino pode predominar em riachos de baixo gradiente, ou seja, situados em regiões mais planas, como no planalto paulista. As figuras 24A e 24B são do córrego Campestre, na Estação Ecológica de Assis (SP), onde predomina o leito arenoso, com acúmulo de sedimento mais fino (argila e silte) em zonas de menor velocidade de correnteza. Em ambientes sinuosos, áreas de acúmulo de sedimentos mais finos podem ser encontradas na margem interna das curvas (Fig. 23), são as zonas de deposição (ou deposicionais). Em alto gradiente, esse tipo de substrato é mais raro, sendo encontrado apenas nessas zonas de menor energia e em frente a prainhas (Fig. 24D).

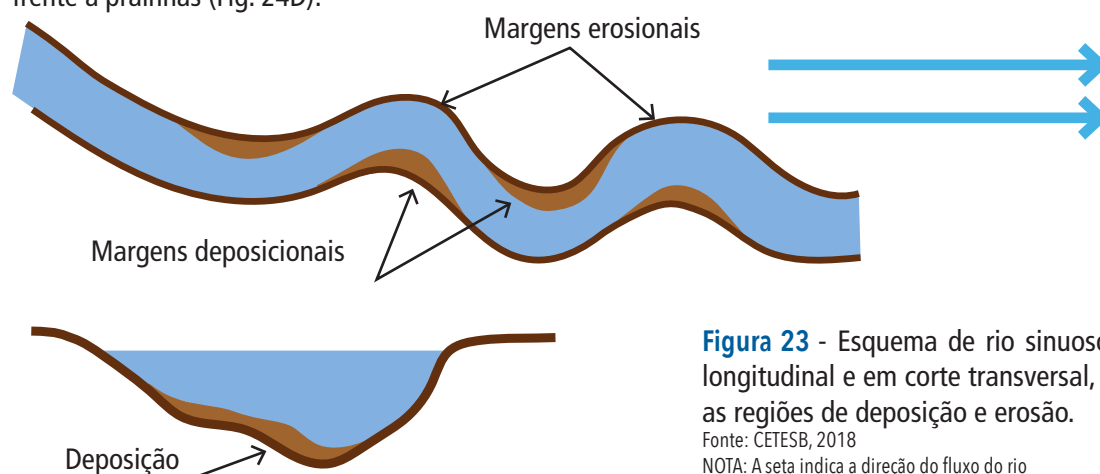


Figura 23 - Esquema de rio sinuoso, em vista longitudinal e em corte transversal, mostrando as regiões de deposição e erosão.

Fonte: CETESB, 2018

NOTA: A seta indica a direção do fluxo do rio

Substrato mais grosso, constituído de pedras de diferentes dimensões, é mais comum em riachos e rios de alto gradiente e em áreas encachoeiradas e corredeiras em baixo gradiente. Por exemplo, a a figura 24E, com cascalho e pedras soltas e fixas é do rio Grande, no núcleo Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar (SP), enquanto que a 24F é a corredeira do rio Jacaré-Pepira na cidade de Brotas (SP). Grandes rochas podem formar lajes (Fig. 24G) ou paredões (Fig. 24H), mesohabitat bastante explorado por larvas de borrachudo (simulídeos). O mesohabitat que atrai maior variedade de organismos é o orgânico, formado por folhas encailhadas (Figs 24B, C, I e J), vegetação marginal submersa (Figs 24K e L), vegetação aquática (Fig. 24M) e troncos (Fig. 24N). Todos esses substratos podem ocorrer tanto em ambientes de correnteza quanto em remansos.



Figura 24 - Mesohabitats a serem amostrados
Fonte: CETESB, 2018.



Figura 24 - Mesohabitats a serem amostrados
Fonte: CETESB, 2018.

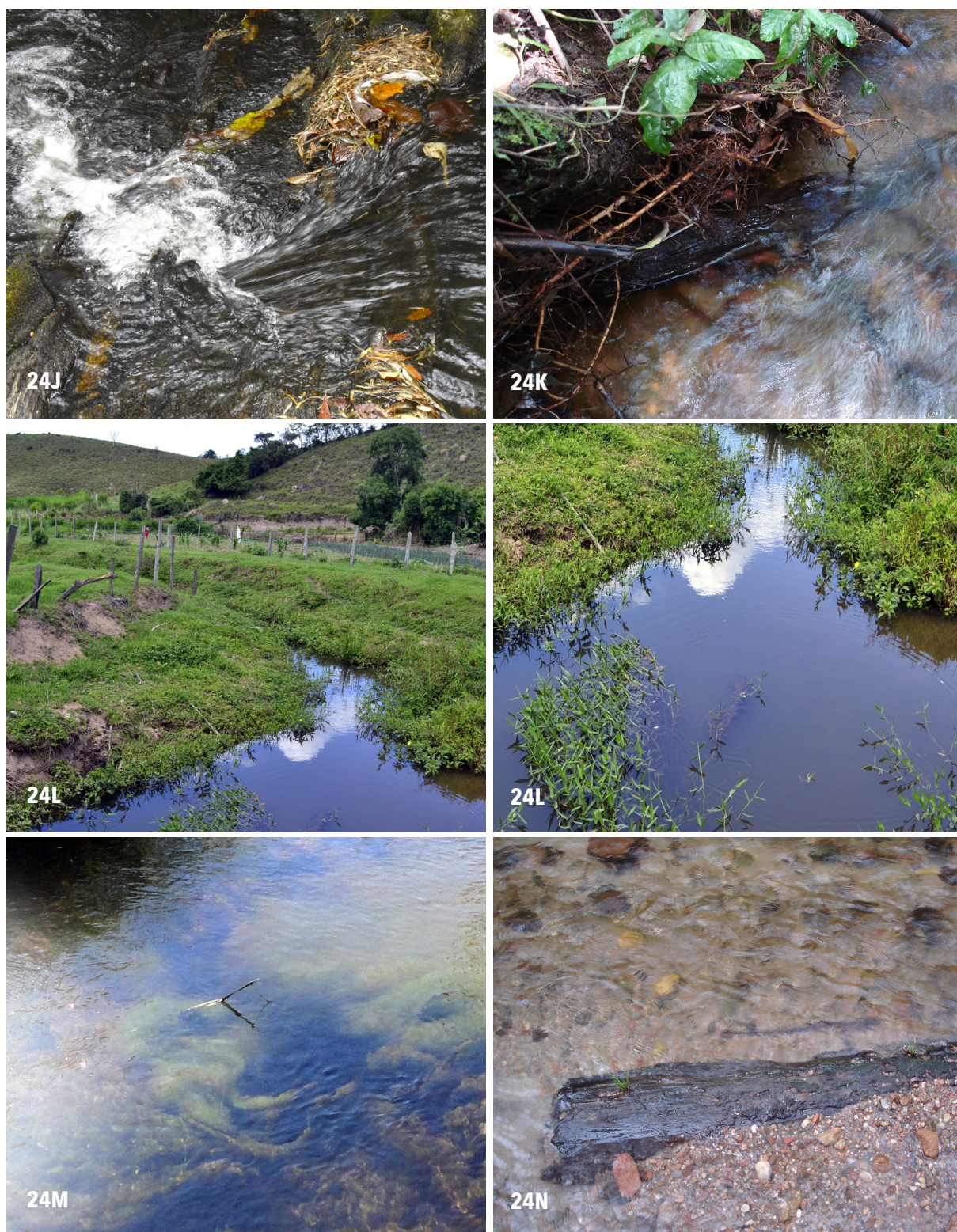


Figura 24 - Mesohabitats a serem amostrados
Fonte: CETESB, 2018.

Assim, em campo, podem ser reconhecidos nove tipos diferentes de substratos, que podem ocorrer tanto em água corrente rápida (dinâmica lótica) quanto em remansos (dinâmica lêntica) e abrigar diferentes tipos de organismos:

- 1) Areia e lodo (substrato fino)
- 2) Cascalho
- 3) Pedras soltas
- 4) Paredão (=Cachoeira)
- 5) Laje
- 6) Folhas encalhadas (folhiço)
- 7) Vegetação aquática (macrófitas aquáticas)
- 8) Vegetação marginal submersa
- 9) Tronco

Eventualmente ocorrerão poças rasas (Fig. 25A) e cavas (Fig. 25B) no trecho de amostragem. Como a conexão desses ambientes com o rio pode ser pequena ou nula, eles não costumam ser amostrados.

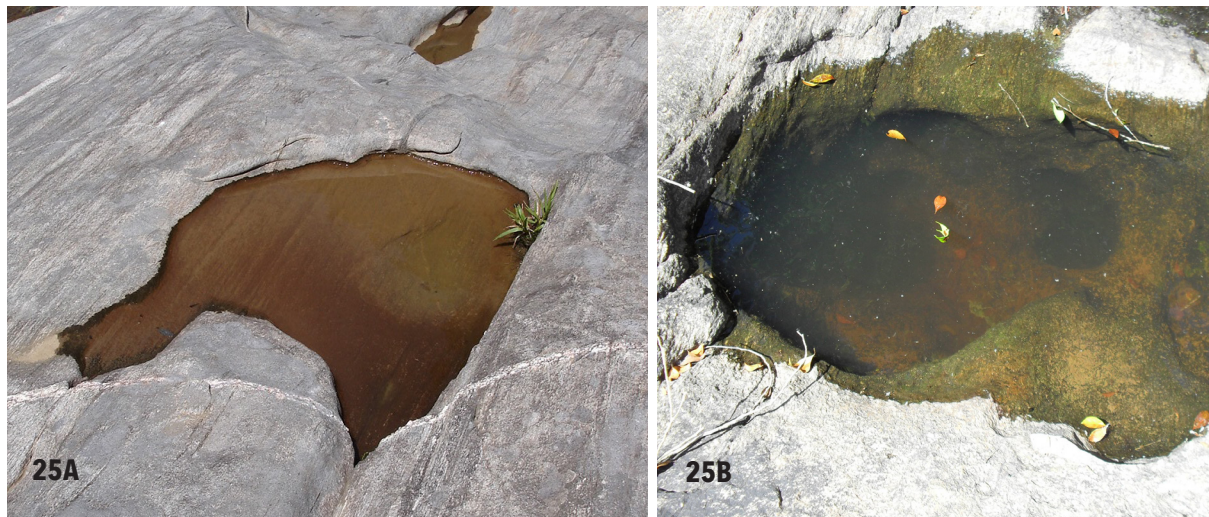


Figura 25 - Mesohabitats que podem não ter conexão com o rio
Fonte: CETESB, 2018

Na coleta, a rede deve ser passada, idealmente, em três trechos diferentes de cada tipo de ambiente reconhecido no local. Não havendo três trechos diferentes pode-se passar a rede mais de uma vez no mesmo trecho, evitando-se os locais já explorados. Por exemplo, se no local só houver uma grande laje, a rede pode ser passada em três locais diferentes dessa única laje, como sugerido na figura a seguir (Fig. 26). Obviamente, se houver, por exemplo, apenas uma touceira de vegetação marginal submersa, a amostragem nesse tipo de ambiente pode se restringir a uma única passada.

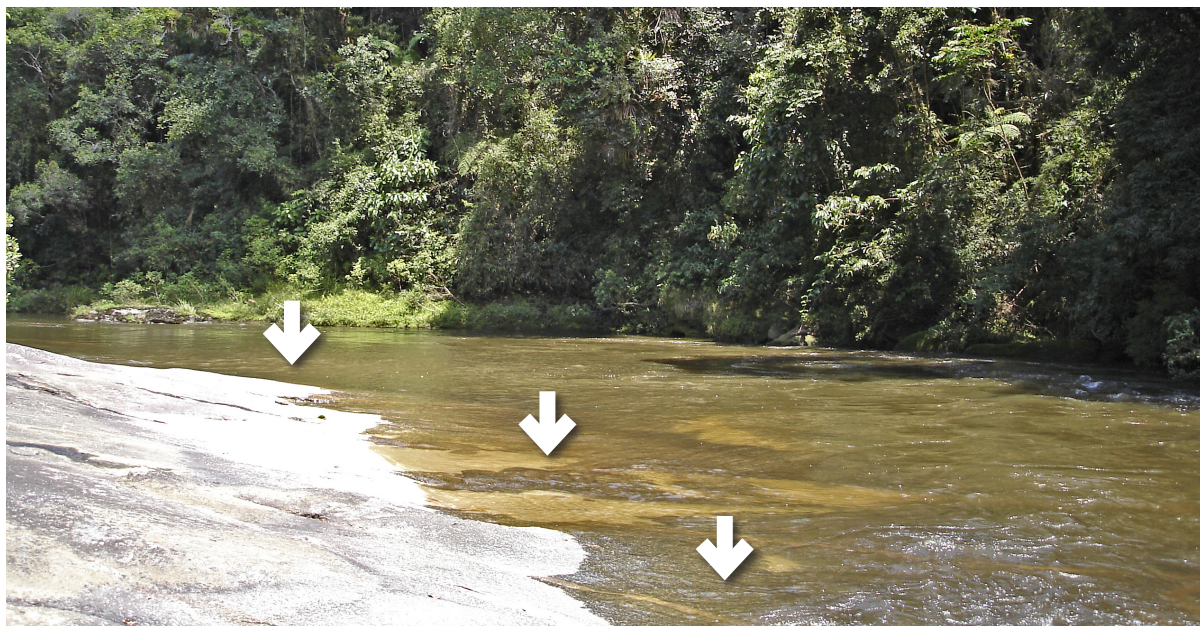


Figura 26 - Coleta em um único mesohabitat (laje)

Fonte: CETESB, 2018

4.3 COMO AMOSTRAR?

Para a amostragem de macroinvertebrados aquáticos foi montado um Kit de Biodiversidade (Apêndice A), com todo o material necessário para esse levantamento.

O instrumento mais fácil e barato de amostragem é a rede do tipo puçá, aquele instrumento de capturar borboletas. Podem ter abertura retangular, triangular ou em forma de "D" (Fig. 27). O importante é a escolha da malha, preferencialmente com aberturas de 0,5 – 0,6mm.

A rede pode ser passada no substrato ou ser posicionada com a abertura contra o fluxo de água para que o coletor desaloje com as mãos ou os pés o material em frente à rede que, com o fluxo, será direcionado para dentro da rede (Fig. 28). Essa técnica é chamada em inglês de *kick sampling*, ou amostragem por chute, em uma tradução livre. A distância a ser explorada a cada passada de rede deve ser similar a largura de sua abertura. Por exemplo, se a boca da rede tiver 30 cm, devem-se amostrar, com os pés ou com as mãos, a

área de 30 cm a sua frente, aproximadamente. Cuidado para não perturbar a área de amostragem antes da colocação da rede! Para não perturbar o local antes de ser amostrado, a coleta deve ser realizada no sentido **jusante** → **montante**, ou seja, contra a correnteza do riacho. Quando ocorrerem pedras maiores, mas passíveis de serem movimentadas, deve-se levá-las para dentro da rede os animais que vivem sob elas. As larvas de megalópteros em geral são encontradas nesses mesohabitats.

Identifique os mesohabitats existentes antes de iniciar a coleta. E tenha sempre em mente que embora seja importante levantar todos os tipos de organismos existentes no trecho a ser diagnosticado, o excesso de coleta pode levar ao sacrifício de mais organismos do que o necessário para o diagnóstico de qualidade. Deve-se evitar que isso aconteça, já que o objetivo final é a preservação da biota!



Figura 27 - Equipamentos para amostragem: Rede triangular e "D"

Fonte: CETESB, 2018



Figura 28 - Amostragem com rede

Fonte: CETESB, 2018



5 REALIZANDO O DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE

O diagnóstico de qualidade do ambiente vai além do resultado do índice, devendo ser observados todos outros indícios de atividades antrópicas, que podem ter natureza visual, como a observação da ocorrência de espumas, e olfativas, como a percepção de odor desagradável.

5.1 OBSERVANDO O AMBIENTE

Muitas vezes os sinais de deterioração do ambiente são perceptíveis aos nossos sentidos. Nesses casos, pode ser opcional levantar os dados de macroinvertebrados, mas esses ajudarão a identificar a distância entre a qualidade ecológica desses locais daquela que se almeja. Para tanto, o trabalho de campo terá início com o Formulário de Campo (Apêndice B).

48

Os primeiros campos a serem preenchidos referem-se ao local de amostragem e a identificação do responsável pelas informações. A seguir, algumas características físicas do ambiente, incluindo suas coordenadas geográficas, que exigirá o uso de um equipamento GPS (*Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global) ou de um aplicativo de celular com essa finalidade. Largura e profundidade podem ser obtidas com o uso de trenas, réguas e até por estimativas visuais.

Possuir equipamentos de campo para medição de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade e um disco de Secchi para avaliar a transparência é desejável, mas não obrigatório. Quando existirem, a tomada dessas medidas deve preceder a amostragem de macroinvertebrados.

A cor da água e seu odor podem ser excelentes indicativos de qualidade. Quando a superfície da água estiver preta (Fig. 29A) e o ambiente emitir um odor de gás sulfídrico (ovo podre), a probabilidade de não haver oxigênio dissolvido próximo ao substrato é muito grande. Mas essa condição muito dificilmente ocorrerá em riachos, onde a dinâmica da água e a baixa profundidade promoverão movimentação suficiente para a reoxigenação da água. É mais comum encontrarmos em riachos que recebem muita carga de esgoto doméstico uma coloração acinzentada (Fig. 29B), odor desagradável, de fossa sanitária e, algumas vezes, espumas (Fig. 29C). Na área agrícola, a erosão marginal provocada pela ausência da mata ciliar, deixa o ambiente aquático com coloração marrom-avermelhada (Fig. 29D). O ideal é encontrarmos águas transparentes, em que é possível visualizar o fundo do rio/riacho, como o córrego afluente ao rio Paraibuna na figura 29D e o rio da figura 29E.

5 REALIZANDO O DIAGNÓSTICO DE QUALIDADE



Rio Pinheiros, no município de São Paulo (SP)



Rio das Pedras, no município de Cunha (SP)



Rio Cotia, município de Carapicuíba (SP).



Rio Paraibuna, no município de Cunha (SP). Na parte inferior da foto destaca-se a entrada de água de um córrego afluente protegido pelo PESM.



Rio Grande, no município de Natividade da Serra (SP), protegido pelo PESM.

Figura 29 - Alguns exemplos de ambientes de amostragem

Fonte: CETESB, 2018

Outros indícios de deterioração: presença de lixo (Fig. 30A), óleo (Fig. 30B), bancos de areia (Fig. 30C), macrófitas aquáticas (Fig. 30D) em grandes densidades, erosão marginal (Fig. 30E), bactérias filamentosas cobrindo o leito e animais mortos também devem ser observados e registrados. A ocorrência de chuvas no período anterior à coleta ajuda a avaliar se um estresse físico promovido pela intensificação da correnteza pode ter sido responsável pelo empobrecimento da fauna. Além disso, a chuva muitas vezes carrega para o rio poluentes e lixos deixados em suas margens.



Ribeirão Preto, no município de Ribeirão Preto (SP).



Ribeirão Pedregulho, no município de Pedregulho (SP), no Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus (PEFBJ).



Rio da Prata, no município de São Luís do Paraitinga (SP).



Rio Tibiriçá, a jusante da Estação de Tratamento de Esgotos no município de Itirapina (SP), Estação Ecológica e Experimental de Itirapina.

Figura 30 - Outros exemplos de ambientes de amostragem

Fonte: CETESB, 2018



Rio Betari, no município de Iporanga (SP).

Figura 30 - Outros exemplos de ambientes de amostragem

Fonte: CETESB, 2018

Registrar o uso e a ocupação do solo às margens e a montante do local de amostragem pode ajudar a entender o resultado. São principais exemplos de usos do solo: cidades, construções, pecuária (pastos, pocilgas), agricultura, silvicultura, piscicultura, indústrias, estações de tratamento de água (ETA) ou de esgotos (ETE). Se possível, definir melhor o uso, descrevendo o tipo de cultivo e da indústria e se há lançamento de esgoto ou de efluente industrial.

5.2 OBSERVANDO OS MACROINVERTEBRADOS

O material capturado nos diferentes mesohabitats deve ser despejado em bandeja branca com água suficiente para cobri-lo (Fig. 31). É importante não encher muito a bandeja, para facilitar a visualização dos organismos quando passarem pelo fundo branco. Se necessário, usar várias bandejas ou amostrar em etapas. Se o material estiver muito turvo, pela presença de sedimento mais fino ou torrões, devolva o conteúdo da bandeja para a rede e lave-o com água do local, deixando a água do córrego ou rio passar por baixo da abertura da rede, mas sempre mantendo a abertura fora da água, para evitar a perda de material. Retire eventuais pedras e material vegetal grosseiro da bandeja para facilitar a visualização dos organismos, mas tenha cuidado de verificar se não existem organismos aderidos a essas superfícies. Caso existam, retire-os com as mãos ou com as pinças e devolva-os à bandeja. Dê uma conferida cuidadosa na rede, onde muitos animais podem ficar agarrados. Como já foi discutido, por viverem na correnteza, muitas espécies desenvolveram estruturas, como ganchos e ventosas, para se agarrarem ao substrato e não serem carregadas rio abaixo, e por isso podem ficar “agarradas” à rede.



Figura 31 - Observação em campo

Fonte: CETESB, 2018

52

Encontre um local confortável e, com a ajuda de uma lupa manual, pinças e das Pranchas de Identificação do Kit de biodiversidade (Fig. 32), tente separar e reconhecer os organismos, colocando-os em bandejas de gelo ou de ovo (Fig. 32), para facilitar a identificação dos diferentes tipos de organismos e caso seja necessária uma checagem mais detalhada, por uma outra pessoa, ou por um especialista. Se a checagem for ser realizada após o trabalho de campo, é recomendado colocar os espécimes em frascos, preservando-os em uma solução de álcool 70 ou 80°GL. A preservação não só inibirá a decomposição do material como a predação. São predadores (CUMMINS et al., 2005), todos os Odonata, Megaloptera, Turbellaria e Hirudinea e alguns Hemiptera, Trichoptera, Coleoptera e Diptera.



Figura 32 - Identificação em campo

Fonte: CETESB, 2018

A separação dos organismos do material inerte é um processo denominado triagem e deve prosseguir até que não se encontre mais tipos diferentes a serem registrados. Após o término da triagem e identificação, os espécimes vivos, que não forem usados para checagem da identificação, devem ser devolvidos ao ambiente, despejando-se o material da bandeja na água da margem do rio.

A presença de todos os grupos identificados, nos diferentes locais amostrados, deve ser registrada na tabela de cálculo do IBVol. Um reconhecimento, para cada um dos 16 grupos de organismos listados, já é suficiente para aquela pontuação, mas é sempre interessante observar e anotar se existe diversidade em tipos de forma para cada grupo, ou dominância, ou seja, um número muito maior de organismos de um grupo sobre os demais.

Para o cálculo do IBVol é só somar as pontuações dos tipos de organismos presentes. Com o resultado, obtém-se o diagnóstico de qualidade do trecho de rio, que pode variar entre PÉSSIMA e EXCELENTE.

Por exemplo, se na amostragem foram observados: Trichoptera com casulo, Crustacea, Coleoptera, Ephemeroptera, Odonata com cauda, Odonata sem cauda, Diptera com cabeça e Turbellaria. O cálculo do IBVol será:

Organismo	Pontuação	Amostra
Plecoptera	5	-
Trichoptera com casulo ✓	5	5
Crustacea ✓	4	4
Megaloptera	4	-
Coleoptera ✓	3	3
Ephemeroptera ✓	3	3
Diptera sem cabeça distinta	3	-
Hemiptera	3	-
Odonata com cauda ✓	2	2
Odonata sem cauda ✓	2	2
Trichoptera sem casulo	2	-
Mollusca	1	-
Diptera com cabeça distinta ✓	1	1
Turbellaria ✓	1	1
Hirudinea	1	-
Oligochaeta	1	-
IBVol (Σ)		21

Com o IBVol = 21, a qualidade do trecho de riacho analisado será considerada Boa.

Outra preocupação importante para a qualidade do rio ou do riacho é verificar se há espécies exóticas invasoras (Quadro 3). Essas espécies causam impactos à biota semelhantes aos de poluentes, alterando as densidades de espécies nativas e até eliminando-as localmente. Essa informação também deve ser anotada na ficha.

Lave a rede de amostragem após a coleta, especialmente, se no mesmo dia for ser realizada análise em outro local. Com isso evita-se que organismos do primeiro ambiente que possam ter ficado aderidos à rede interfiram e produzam erro no diagnóstico do segundo.

Terminado o trabalho, não deixe rastros! Recolha todo o material.

5.3 SEGURANÇA EM CAMPO

No trabalho de campo é importante usar uma roupa confortável, mas sem abrir mão da proteção. Calças compridas, camisetas de mangas compridas e sapato fechado e adequado à caminhada, como tênis e botas são as vestimentas mais adequadas. Procurem utilizar roupas velhas, pois podem estar sujeitas a manchas e rasgos. Protetor solar, repelente e boné também são de uso aconselhável. Se a jornada for longa, levar água e lanchinho. Mas não exagere na água se não houver sanitários no caminho. Especialmente, em unidades de conservação, deve-se evitar urinar na vegetação, já que hormônios liberados na urina podem comprometer a reprodução e o deslocamento dos animais silvestres.

54

Deve-se ter cuidado ao acessar o rio ou riacho, muitas vezes é preciso passar por áreas com mato alto, que podem abrigar animais peçonhentos (cobras, aranhas, escorpiões) e transmissores de doenças (ratos) e esconder lixos cortantes (por exemplo, cacos de vidro). Além disso, a própria água pode estar contaminada com agentes patológicos, causadores de doenças. São doenças transmissíveis pela água: diarreias, amebíase, giardíase, cólera, febre tifoide, leptospirose, esquistossomose e hepatite A. Informações sobre as características, forma de transmissão e sintomas de cada doença podem ser encontradas, por exemplo, no site da FIOCRUZ (<http://www.aguabrasil.icict.fiocruz.br/index.php?pag=doe>). Assim, é imprescindível a utilização de equipamentos de proteção individual, também chamados EPI (Equipamento de Proteção Individual),

como botas de cano longo ou perneiras e luvas. Se a amostragem foi realizada em local que receba esgoto doméstico sem tratamento, aconselha-se lavar as mãos com álcool, de preferência iodado.

ÁLCOOL IODADO:
misturar 100 mL de
tintura de iodo a 2%
em 1 litro de álcool com
graduação de 70°GL.
Guardar em recipiente
escuro.



6 PROGRAMA DE TREINAMENTO

O Programa de Treinamento a ser seguido utilizando esse Protocolo foi adaptado de Buss (2008).

Inicialmente deve ser realizado um treinamento teórico e prático com especialistas, sugere-se que tenham duração de 14 horas (ensino fundamental), divididas em quatro dias, a 16 horas (ensino médio e adultos), divididas em três dias, sendo o conteúdo distribuído de acordo com o público. No primeiro caso, as horas dedicadas ao treinamento teórico podem ser divididas em um período mais longo de tempo (2h/dia, em três dias, abrangendo os dois primeiros dias do treinamento e o terceiro no último dia), podendo intensificar o tempo para o trabalho prático (oito horas). Para alunos do ensino médio e adultos, a aula teórica pode ser mais longa, cobrindo dois dias (quatro horas no primeiro dia e quatro horas no último dia) de teoria e um dia (oito horas) de prática. A seguir, sugestões de cronograma (Quadro 4) de acordo com o público-alvo que podem ser alteradas de acordo com a conveniência do grupo.

55

Quadro 4 – Cronogramas de Treinamento

Cronograma sugerido para o Ensino Fundamental

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia
Teoria	2h	2h		2h
Prática			8h	

Cronograma sugerido para Ensino Médio e Adultos

	1º dia	2º dia	3º dia
Teoria	4h		4h
Prática		8h	

Na aula teórica (Fig. 33), além de informações sobre o ambiente, os macroinvertebrados e o biomonitoramento, os alunos devem ser instruídos quanto aos riscos da atividade e o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), como luvas, botas e perneiras, quando for o caso. Parte desse período deve ser reservado para apresentação do público aos organismos que deverão ser reconhecidos, com utilização de imagens, de material fixado (Fig. 34) e de vídeos, orientando não apenas a observação quanto a forma do corpo, mas também sobre cor, tamanho e tipo de locomoção.



Figura 33 - Aula teórica expositiva sobre Biomonitoramento
Fonte: CETESB, 2018



Figura 34 - Exposição de espécimes fixados em álcool
Fonte: CETESB, 2018

No início da aula prática, os alunos serão apresentados ao material contido no Kit de Biomonitoramento (Apêndice A) e instruídos quanto ao seu uso (rede, bandeja, pissetas, pinças, lupa de mão e frascos) e o procedimento de coleta (Fig. 35). A coleta se inicia com o preenchimento do Formulário de Campo (Apêndice B), identificando o ambiente e anotando as observações sobre seu entorno. Realizada a coleta (Fig. 36), os alunos devem ser instruídos de perto pelos especialistas a encontrarem e identificarem os organismos capturados (Fig. 37), utilizando informações sobre morfologia, tamanho, cor e movimentação. Para tanto, é preciso que existam não menos do que um instrutor/10 alunos e que os alunos sejam divididos em grupos de não mais do que cinco pessoas. Havendo dificuldade na identificação em campo de algum espécime pode-se armazená-lo em um frasco contendo álcool ou água do local amostrado, para identificação posterior, em sala/laboratório, com uso de Chave de Identificação (Apêndice C). Devem ser registradas no formulário de campo, as ocorrências na tabela usada para o cálculo do índice.

Depois do trabalho de campo, o grupo se reúne novamente para revisão dos cálculos do IBVol e interpretação e aplicação dos resultados obtidos (Fig. 38), à luz do conhecimento apresentado na primeira aula teórica. Para deixar claro como o sistema de diagnóstico funciona, é aconselhável escolher pelo menos dois locais de amostragem com qualidades claramente distintas, de forma que a perda de diversidade pela má qualidade seja vivenciada pelos alunos.

Para que os resultados sejam usados na gestão de microbacias, é fundamental que periodicamente sejam realizadas avaliações da habilidade do grupo de voluntários na identificação dos organismos indicadores, contrapondo o registro deles à revisão de um biólogo experiente e posterior computo da porcentagem (%) de acertos. Se os desvios na identificação resultarem em diagnósticos diferentes, um novo treinamento deve ser efetuado.



Figura 35 - Aula prática com explicação sobre os métodos de amostragem e análise
Fonte: CETESB, 2018



Figura 36 - Amostragem
Fonte: CETESB, 2018



Figura 37 - Aplicação do material para identificação dos organismos encontrados na amostra
Fonte: CETESB, 2018

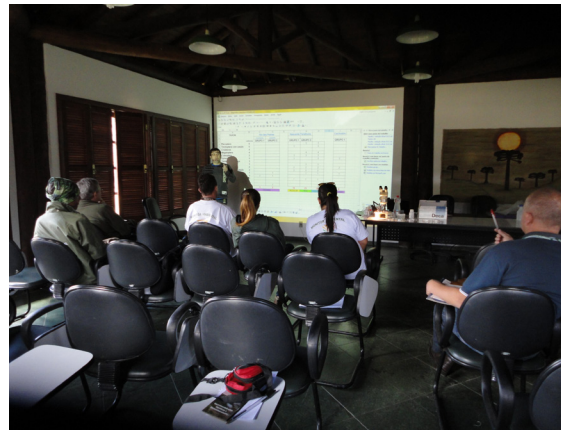


Figura 38 - Discussão de resultados
Fonte: CETESB, 2018

REFERÊNCIAS

- BUSS, D.F. Desenvolvimento de um índice biológico para uso de voluntários na avaliação da qualidade da água de rios. **Oecol. Bras.**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 520-530, 2008. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2882901.pdf>>. Acesso em: out. 2018.
- BUSS, D.F. et al. **Monitoramento participativo**. 3.^a versão rev. ampl. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz/Instituto Oswaldo Cruz, 2013. 90 p. + anexos. (Apostila de Capacitação). Apostila do curso teórico-prático Agente das Águas.
- CICHOSKI, C.; MUCELIN, C.A.; BUSS, D.F. Caracterização da percepção de atores sociais envolvidos em monitoramento da qualidade da água de rios da região oeste do Paraná. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE**, 1., 2009, Cascavel. Anais ... Cascavel: UNIOESTE, 2009.
- CUMMINS, K.W.; MERRITT, R.W.; ANDRADE, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 1, p. 69-89, 2005.
- FORE, L.S.; PAULSEN, K.; O'LAUGHLIN, K. Assessing the performance of volunteers in monitoring Streams. **Freshwater Biology**, v. 46, n. 1, p. 109-123, Jan. 2001.
- FRANÇA, J.S.; CALLISTO, M. Monitoramento ambiental participativo de qualidade de água: a comunidade escolar como parceira na conservação de biodiversidade. In: **REUNIÃO DE ESTUDOS AMBIENTAIS, 5.; SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 2.**, 2015, Porto Alegre. Resumos... Porto Alegre: PUCPR, 2015. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/Page3997.htm>. Acesso em: out. 2018.
- FRANÇA, J.S.; CALLISTO, M. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de águas: experiências de educação ambiental e mobilização social. **Revista Extensão**, v. 2, n. 1, p. 197-206, 2012. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/Page24963.htm>. Acesso em: out. 2018.
- MOLINERI, C.; MARIANO, R. Description of Loricyphe froehlich, a new genus and species of Leptohyphidae (Ephemeroptera) from São Paulo, Brazil. **Ann. Limnol.: Int. J. Limn.**, Le Ullis, FR, v. 51, n. 4, p. 323-328, Dec. 2015. Disponível em: <<https://www.limnology-journal.org/articles/limn/pdf/2015/04/limn150043.pdf>>. Acesso em: out. 2018.
- WATANABE, S. **Glossário de ecologia**. 2^a ed. São Paulo: Publicação ACIESP n. 103, 1997. 352p.

GLOSSÁRIO

Assembleia - Menor comunidade funcional de plantas ou animais.

Biodiversidade - Abrangência de todas as espécies de plantas, animais e microorganismos, e dos ecossistemas e processos ecológicos dos quais são parte. Grau de variedade da natureza, incluindo número e frequência de ecossistemas, espécies ou gens, numa dada assembleia.

Biota - Conjunto de plantas, animais e micro-organismos de uma determinada região, província ou área geográfica.

Eutrofização - Processo natural de enriquecimento de lagos, represas ou rios, resultante de um aumento de nitrogênio e fósforo na água, consequentemente da produção orgânica. Ambientes enriquecidos são ditos eutrofizados.

Habitat - Ambiente que oferece um conjunto de condições favoráveis para o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de determinados organismos.

Jusante - Situada abaixo do local de observação, considerando o fluxo do rio da nascente à foz.

Mesohabitats - *Habitat* na escala espacial correspondente a trecho.

Metal Pesado - Elemento químico de peso atômico relativamente alto, caracterizado por altas condutividades elétrica e térmica, em geral tóxico.

Microbacia - Parte da bacia hidrográfica correspondente à bacia dos afluentes do rio principal.

Montante - Situada acima do local de observação, considerando o fluxo do rio da nascente à foz.

Poluente - Qualquer substância ou energia que, lançada para o meio, interfere com o funcionamento de parte ou de todo ecossistema.

Poluição - Efeito que um poluente produz no ecossistema.

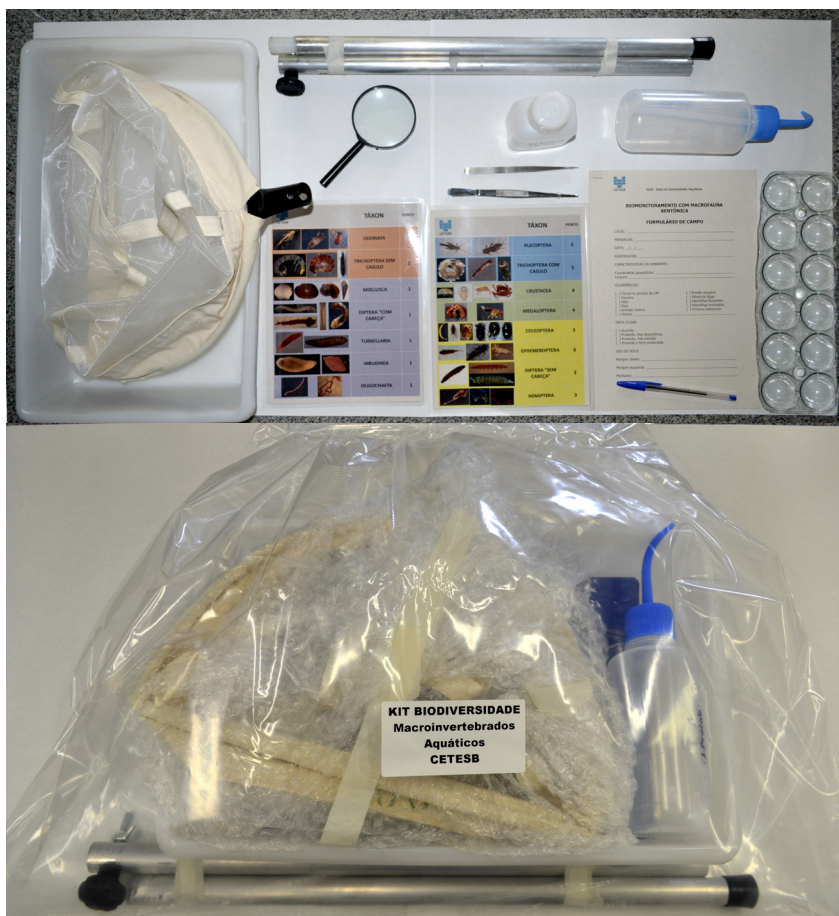
Sensível - Diz-se que um organismo é sensível quando suas funções vitais (crescimento, reprodução, sobrevivência) respondem negativamente à presença de algum poluente.

Serapilheira - Camada sob cobertura vegetal consistindo-se de folhas caídas, ramos, caules, cascas e frutos, depositados sobre o solo.

Tolerante - Diz-se que um organismo é tolerante quando ele suporta a presença do poluente e, sob algumas condições, até se beneficia com a ausência de competidores e predadores, aumentando suas populações.

Trecho - Escala espacial que, em ambientes aquáticos, corresponde a distâncias de 100 a 200m (metade a montante e metade a jusante do ponto inicial).

APÊNDICE A - KIT DE BIODIVERSIDADE



60

O Kit de Biodiversidade é composto de:

- Rede D ou triangular ou peneira de cozinha
- Bandeja de fundo branco
- Lupa manual 10x (75mm de diâmetro) ou mais
- Pinças de ponta grossa e fina
- Frasco
- Pisseta
- Bandeja de ovos, gelo ou qualquer recipiente com divisórias
- Caneta ou lápis
- Formulário de Campo, com tabela para cálculo do IBVol
- Pranchas de identificação
- Álcool 70GL

APÊNDICE B - FORMULÁRIO DE CAMPO

BIOMONITORAMENTO COM MACROFAUNA BENTÔNICA FORMULÁRIO DE CAMPO

LOCAL: _____

MANANCIAL: _____

DATA: __/__/__

RESPONSÁVEL: _____

CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE:

Coordenadas geográficas: _____

Largura: _____

Profundidade: _____

ANÁLISES DE CAMPO (ÁGUA)

Temperatura: _____

Oxigênio dissolvido: _____

pH: _____

Condutividade: _____

Transparência: _____

Cor da água: _____

OCORRÊNCIAS:

- | | | |
|--|--|--|
| ☐ Chuva no período de 24h | ☐ Odor | ☐ Óleo |
| ☐ Macrófitas flutuantes | ☐ Bancos de areia | ☐ Animais mortos |
| ☐ Macrófitas enraizadas | ☐ Espuma | ☐ Erosão marginal |
| ☐ Outras: _____ | | |

MATA CILIAR:

- | | |
|---|--|
| ☐ Ausente | ☐ Presente, mas descontinua |
| ☐ Presente, mas estreita | ☐ Presente e bem preservada |

USO DO SOLO:

Margem direita: _____

Margem esquerda: _____

Montante: _____

Amostragem: _____

A rede D deve ser passada 3 vezes em cada mesohabitat identificado no local de amostragem. É importante identificar e listar os mesohabitats amostrados.

Mesohabitats:

Assinale o número de passadas de rede em cada mesohabitat:

Substrato\Dinâmica	lêntica	lótica
Areia e lodo		
Cascalho		
Pedras soltas (superfície superior e inferior)		
Paredão/Cachoeira		
Laje		
Folhas encalhadas		
Vegetação aquática		
Vegetação marginal submersa		
Tronco submerso		

Cálculo do IBVol:

O material capturado deve ser espalhado em bacia preenchida com água do local. Identificar e listar as pontuações obtidas para a amostra:

Organismo	Pontuação	Amostra
Plecoptera	5	
Trichoptera com casulo	5	
Crustacea	4	
Megaloptera	4	
Coleoptera	3	
Ephemeroptera	3	
Diptera sem cabeça distinta	3	
Hemiptera	3	
Odonata com cauda	2	
Odonata sem cauda	2	
Trichoptera sem casulo	2	
Mollusca	1	
Diptera com cabeça distinta	1	
Turbellaria	1	
Hirudinea	1	
Oligochaeta	1	
IBVol (Σ)		

IBVol	Qualidade
≥ 27	EXCELENTE
21 - 26	BOA
14 - 20	REGULAR
8 - 13	RUIM
≤ 7	PÉSSIMA

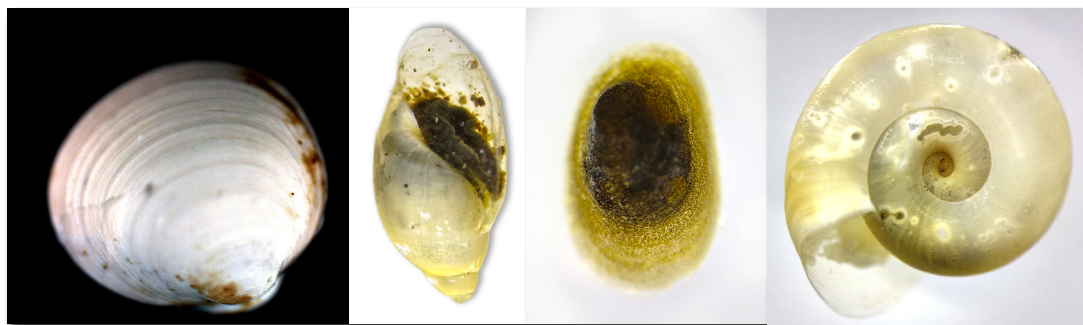
Calcular o IBVol = Somatório das pontuações obtidas no local e definir o diagnóstico do local
Depois de identificados, os organismos podem ser devolvidos ao ambiente. Apenas espécimes em que houve dúvida com relação à identificação deverão ser guardados em álcool 70% para verificação em laboratório.

Existe algum grupo que predomine na bandeja? Qual? _____
Há espécie exótica invasora? Qual? _____

APÊNDICE C - CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO

Essa chave é sequencial, ou seja, deve-se iniciar no item **1** e avaliar, comparando com as características do organismo coletado, qual das alternativas é a correta. A partir da resposta, ir acessando, na sequência, cada um dos itens indicados, até se chegar a uma identificação.

1a Presença de concha **Mollusca** (Moluscos)



63

1b Ausência de concha **2**



2a Sem patas e cabeça definida **3**



2b Com patas (verdadeiras ou falsas) e/ou cabeça definidas . **5**



3a Corpo achatado, liso, com movimento deslizante sobre a superfície**Turbellaria (Planárias)**



3b Corpo cilíndrico ou semi-cilíndrico, dividido em anéis..... **4**



4a Corpo semi-cilíndrico, com ventosas (anterior e posterior), movendo-se pelo substrato da seguinte forma: fixa a ventosa posterior, alonga o corpo, fixa a ventosa anterior, solta a ventosa posterior de forma a trazer a parte posterior para frente **Hirudinea (Sanguessugas)**



4b Corpo cilíndrico, sem ventosas, movimento serpenteante na água, podendo formar grumos com diversos indivíduos **Oligochaeta (Minhocas)**

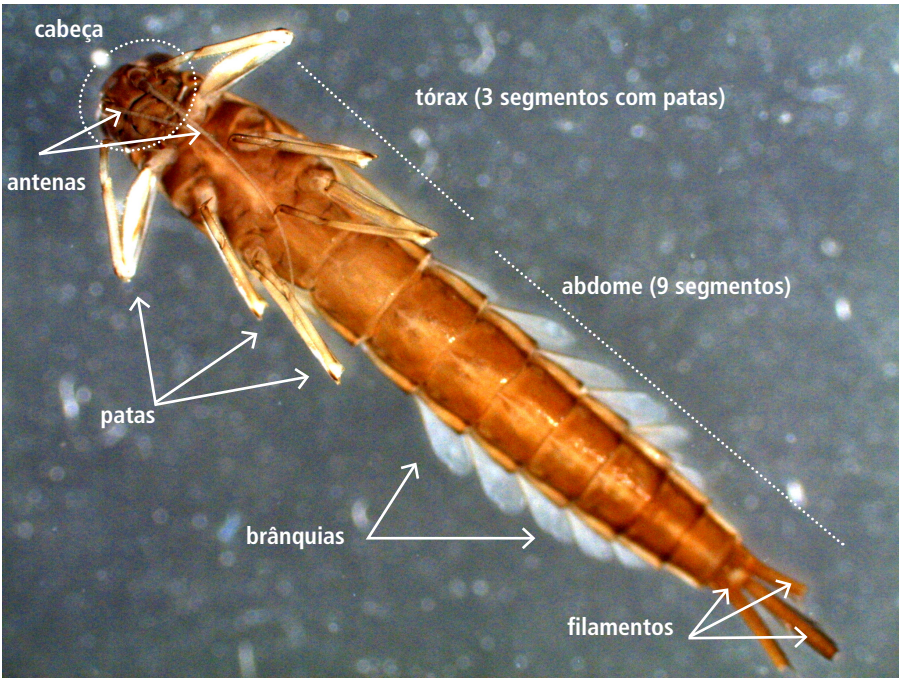


65

5a Corpo protegido por carapaça, 2 pares de antenas e 4 pares de patas torácicas articuladas **Crustacea (Pitús e Carangueijos)**



5b Ausência de carapaça, 1 par de antenas, às vezes não visíveis, 3 pares de patas torácicas articuladas ou 1 ou 2 pares de pseudopatas ou ausência de patas..... **Insecta (Insetos) 6**



66



6a Presença de asas **Adulto 7**



6b Ausência de asas **Larvas e Ninfas 8**



7a Primeiro par de asas duros, nadam deslizando na água **Coleoptera (Besouros)**



7b Primeiro par de asas moles, patinam sobre a superfície da água ou nadam ativamente
..... **Hemiptera (Percevejos)**



8a Com de 3 pares de patas verdadeiras (articuladas)..... **9**



8b Sem patas verdadeiras 16



9a Estrutura bucal diferenciada 10

68



9b Estrutura bucal comum, mastigadora 11

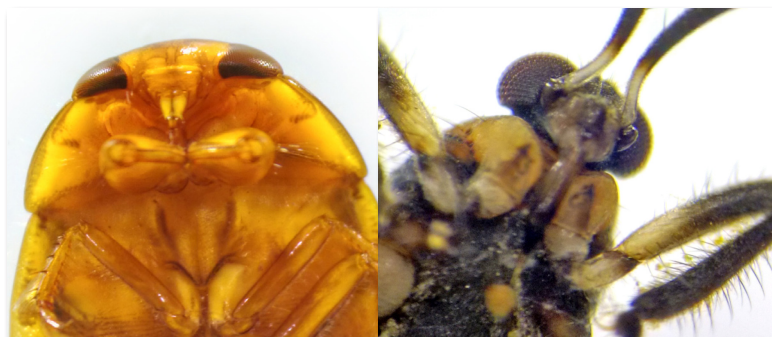


10a Com estrutura bucal (máscara) que se prolonga para frente na captura de presas, geralmente ficam parados e se escondem entre restos vegetais **Odonata (Libélulas)**



10b Presença de bico sugador em posição ventral, direcionado para trás, nadam ou deslizam na superfície

..... **Hemiptera (Percevejos)**



11a Com filamento caudal **12**



11b Sem filamento caudal **14**



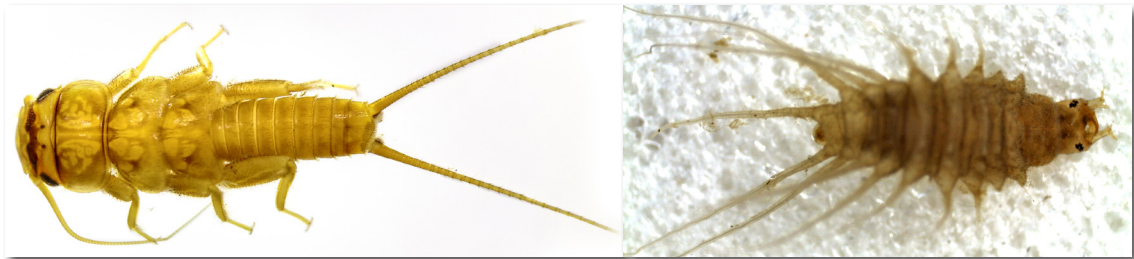
12a Com 3 filamentos caudais (o central pode ser curto) e brânquias nos segmentos abdominais, em geral nadam como peixinhos, contorcendo o corpo **Ephemeroptera (Efemérides)**



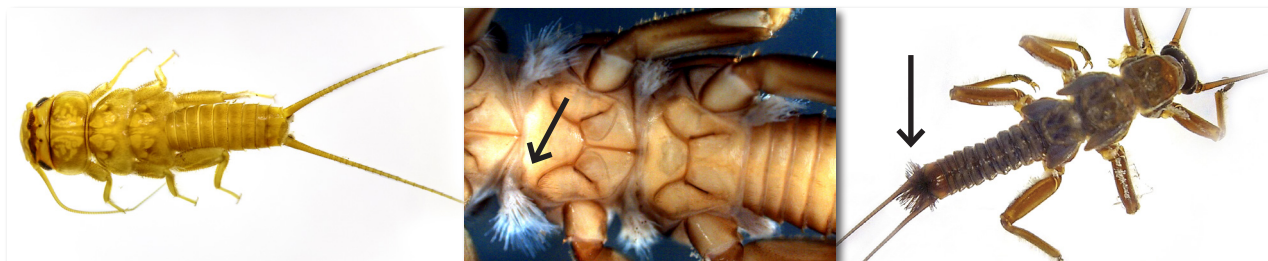
12b Com 1 filamento caudal **Megaloptera (Megalópteros) (parte)**



12c Com 2 filamentos caudais **13**



13a Brânquias nas axilas das patas ou no final do abdômem, podem ser rápidos, correndo como baratas ou se esconder na vegetação **Plecoptera (Plecópteros)**



13b Ausência de brânquias nas axilas ou na região anal..... **Coleoptera (Besouros)(parte)**



✕

14a Com ganchos em falsas patas abdominais **15**



14b Sem as características acima **Coleoptera (Besouros)(parte)**



✕

15a Presença de prolongamentos laterais nos segmentos abdominais, geralmente encontrado sob pedra **Megaloptera (Megalópteros)(parte)**



15b Ausência de prolongamentos laterais, podendo ocorrer apenas brânquias localizadas na parte ventral dos segmentos abdominais, muitos constroem casas portáteis com grãos de areia e restos vegetais **Trichoptera (Tricópteros)**



16a Ausência de patas e corpo entumecido **Coleoptera (Besouros)(parte)**



16b Presença de falsas patas ou ausência de patas, corpo alongado.....
..... **Diptera (Moscas e Mosquitos)**



73

Fontes das Fotos: CETESB, 2018, exceto dos Crustáceos Aeglidae, Palaemonidae e Trichodactylidae, realizadas por Carlos Barbosa Pinto, 2013.

Para tirar dúvidas, relatar experiências ou enviar
resultados, entrar em contato pelo e-mail:
biomonitori.riachos@sp.gov.br



| Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

ISBN 978-85-9467-069-4