

Guia Prático de Macroinvertebrados Bentônicos :

Ferramenta para Avaliação da Qualidade de Recursos Hídricos



Baseado na pesquisa da Bacia do Rio Santa Bárbara-MG

Luana Aparecida Gomes
Anderson de Assis Moraes

Guia Prático de Macroinvertebrados Bentônicos da Bacia do Rio Santa Bárbara-MG:

Ferramenta para Avaliação da Qualidade
Ambiental

Luana Aparecida Gomes
Anderson de Assis Moraes

Itabira – Minas Gerais
2025

Sumário

1. Apresentação
2. Introdução
3. Objetivo do guia
4. Autorização para coleta científica
5. Definição dos pontos de amostragem
6. Coleta dos macroinvertebrados bentônicos
7. Ficha de campo para coleta de macroinvertebrados bentônicos
8. Identificação da amostra
9. Principais Grupos taxonômicos
10. Relatório fotográfico
11. Referências

Apresentação

O Guia Prático de Macroinvertebrados Bentônicos: Ferramenta para Avaliação da Qualidade de Recursos Hídricos é o produto técnico resultante da dissertação Estudo da Qualidade Ambiental através de Bioindicadores Bentônicos na Bacia do Rio Santa Bárbara-MG, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado ProfÁgua em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Elaborado com o intuito de orientar e simplificar os procedimentos de coleta, triagem e identificação de macroinvertebrados bentônicos, o guia visa apoiar a avaliação da qualidade ambiental dos recursos hídricos no Brasil. Embora tenha sido estruturado a partir da experiência na Bacia do Rio Santa Bárbara-MG, seu conteúdo possui aplicabilidade em diferentes bacias hidrográficas, ampliando seu uso para diversos contextos ambientais.

Além das instruções práticas, o material oferece subsídios técnicos a profissionais, estudantes e gestores ambientais, estimulando o uso de metodologias consistentes e embasadas cientificamente, o que favorece a obtenção de diagnósticos mais precisos.



A aplicação dos macroinvertebrados como bioindicadores possibilita uma análise integrada da condição dos ecossistemas aquáticos, complementando os parâmetros físico-químicos com informações biológicas valiosas.

Espera-se, com isso, contribuir para o aprimoramento das ações de monitoramento e conservação dos corpos d'água, subsidiando a tomada de decisões e promovendo a gestão sustentável dos recursos hídricos.

A elaboração deste material contou com o apoio do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua (Projeto CAPES/ANA), que viabilizou o desenvolvimento da pesquisa e a produção do presente guia. A Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, campus Itabira, também ofereceu suporte acadêmico e institucional indispensável para a realização deste trabalho.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na oferta de serviços ambientais essenciais à vida. No entanto, esses ambientes têm se tornado cada vez mais vulneráveis à ação antrópica, especialmente devido ao lançamento inadequado de esgotos sanitários e resíduos sólidos, o que compromete a qualidade da água e representa um sério risco à saúde pública (SANTOS *et al.*, 2018).

Diante desse cenário, torna-se indispensável o uso de ferramentas que permitam avaliar de forma contínua e eficiente os impactos ambientais. Entre essas ferramentas, destacam-se os bioindicadores, definidos como espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, abundância e distribuição refletem as condições ambientais da ecossistema do qual estão inseridos (CALLISTO e GONÇALVES, 2002).

O uso de bioindicadores, como os macroinvertebrados bentônicos, tem se mostrado uma estratégia eficaz no monitoramento da qualidade da água e na promoção de ações voltadas à conservação e à gestão dos recursos hídricos.

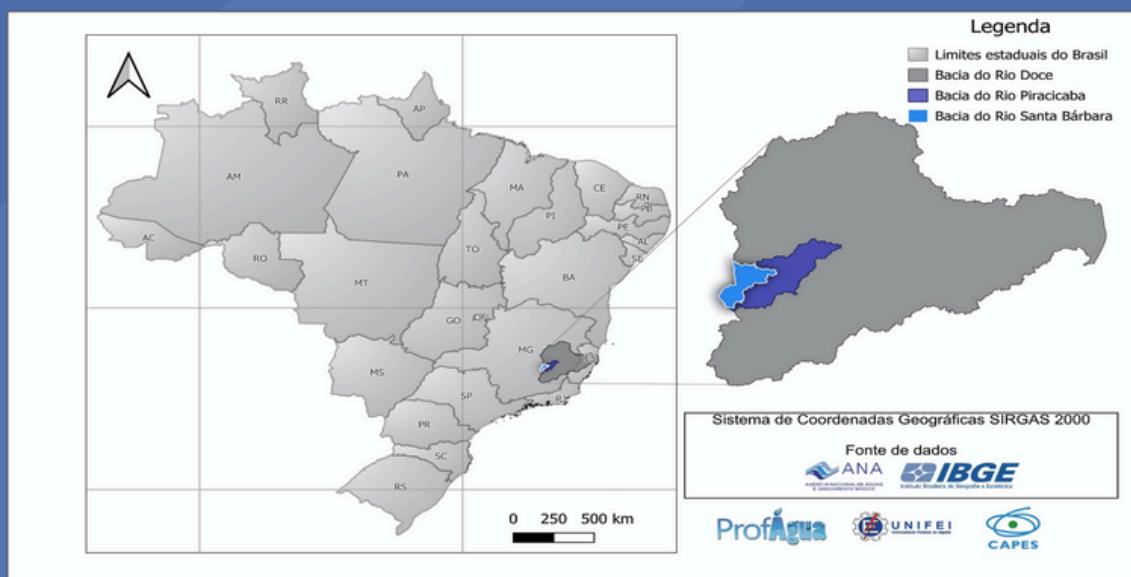
De acordo com Hagemeyer *et al.* (2022), dentre os organismos que habitam os ecossistemas aquáticos, os macroinvertebrados bentônicos se destacam pela sua relevância ecológica e sensibilidade às alterações ambientais.

Esses organismos vivem no sedimento dos corpos d'água e apresentam diferentes níveis de tolerância à poluição, o que os torna eficientes indicadores da qualidade ambiental. Alguns táxons são extremamente sensíveis, desaparecendo em ambientes degradados, enquanto outros são mais tolerantes e conseguem persistir mesmo sob condições adversas. Nesse contexto, os estresses ambientais atuam como filtros ecológicos, favorecendo a presença de espécies com características adaptativas que lhes permitem sobreviver às pressões locais (FIRMIANO *et al.*, 2021).

Bacia do Rio Santa Bárbara-MG

A bacia hidrográfica do Rio Santa Bárbara está localizada na região central do estado de Minas Gerais e integra a bacia do rio Piracicaba, um dos principais afluentes do rio Doce. Com uma área de aproximadamente 1.400 km², a bacia abrange oito municípios: Itabira, Bom Jesus do Amparo, São Gonçalo do Rio Abaixo, João Monlevade, Bela Vista de Minas, Santa Bárbara, Barão de Cocais e Catas Altas, desempenhando papel fundamental no abastecimento público, nas atividades industriais e na manutenção dos ecossistemas locais.

Figura 1– Localização da bacia do Rio Santa Bárbara.



Os elementos físicos da bacia do Rio Santa Bárbara abrangem diversas características de relevo, geologia e uso do solo. No aspecto geológico, destacam-se o sinclinal Gandarela e as formações de canga. No contexto geomorfológico, sobressai a Serra do Caraça, importante marco da paisagem local. Em relação aos recursos hídricos, a bacia é caracterizada pela presença de inúmeras nascentes, uma densa rede de drenagem e reservatórios associados a pequenas centrais hidrelétricas (PCH), como Peti e São Gonçalo.

A região também abriga remanescentes significativos de Mata Atlântica e campos de altitude, que constituem importantes unidades de conservação ambiental. No âmbito antrópico, destacam-se as atividades mineradoras e turísticas, que exercem influência direta sobre a dinâmica ambiental da bacia (DEODORO, 2013).

Figura 2–Serra do Craça.



Fonte: Turismo Ouro Preto.

Nesse cenário, o biomonitoramento da bacia do Rio Santa Bárbara foi essencial para identificar os impactos das atividades humanas, como mineração e urbanização. Através dos bioindicadores, foi possível avaliar a saúde dos corpos d'água, contribuindo para um diagnóstico mais preciso da qualidade ambiental da bacia.

Macroinvertebrados Bentônicos: Bioindicadores da Qualidade da Água

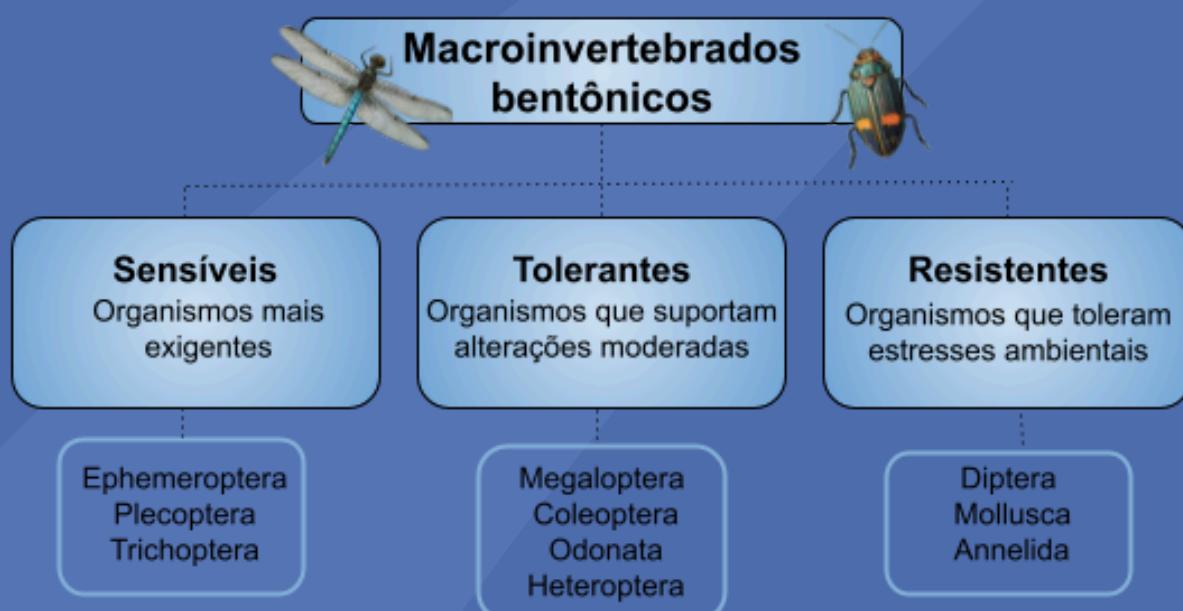
Os organismos bentônicos, cujo nome deriva do grego “*benthos*”, que significa “fundo”, são em sua maioria sésseis e se alimentam da matéria orgânica presente na coluna d’água ou da vegetação das margens que se acumula no leito dos rios. Esses organismos exercem funções essenciais nos ecossistemas aquáticos, integrando a base da cadeia alimentar e servindo de recurso trófico para peixes, anfíbios e aves aquáticas. Dentre eles, destacam-se os macroinvertebrados bentônicos — organismos que vivem no fundo de ambientes aquáticos continentais, como rios e lagos —, incluindo larvas de insetos, minhocas aquáticas, caramujos, vermes e crustáceos, geralmente com tamanho corporal acima de 0,2 a 0,5 mm (CALLISTO e GONÇALVES, 2002; ROSENBERG e RESH, 1993).

Segundo Hagemeyer *et al.* (2022), os organismos bentônicos podem ser classificados de acordo com sua tolerância a diferentes níveis de estresse ambiental.

Conforme França e Callisto (2019), os organismos sensíveis ou intolerantes habitam preferencialmente ecossistemas com águas limpas, bem oxigenadas e com diversidade de habitats, como pedras, cascalhos, troncos, folhas submersas e plantas aquáticas, que oferecem proteção e alimento. Nessa categoria destacam-se os grupos Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT).

Em seguida, encontram-se os organismos tolerantes, capazes de suportar alterações moderadas nos ecossistemas aquáticos, geralmente associadas a impactos antrópicos como a remoção da vegetação ciliar, o assoreamento e a homogeneização do leito dos rios. Tais mudanças reduzem a diversidade de micro-hábitats e aumentam a presença de bancos de areia e lama. Esses organismos, como Megaloptera, Coleoptera, Odonata e Heteroptera, desempenham papel relevante como predadores nas cadeias alimentares aquáticas. Por fim, os organismos resistentes são aqueles que toleram altos níveis de degradação ambiental. Além dos impactos mencionados, eles se desenvolvem em ambientes contaminados por esgoto doméstico, industrial e substâncias químicas, o que acarreta a simplificação dos habitats e a desestruturação das cadeias tróficas. Nesses contextos, predominam grupos como Diptera, Mollusca e Annelida (FRANÇA; CALLISTO, 2019).

Figura 3- Macroinvertebrados conforme seu grau de tolerância.



Fonte: Autores (2025) adaptado de Hagemeyer *et al.* (2022).

Objetivo do Guia

Este guia tem como objetivo fornecer um suporte técnico prático e acessível para a coleta, triagem e identificação dos principais grupos de macroinvertebrados bentônicos, utilizando-os como bioindicadores na avaliação ecológica de ambientes aquáticos. Baseado na experiência desenvolvida na Bacia do Rio Santa Bárbara-MG e em métodos consolidados na literatura científica, apresenta instruções objetivas adaptáveis a diferentes bacias hidrográficas e corpos d'água. Destinado a profissionais, pesquisadores, estudantes e gestores ambientais, promove diagnósticos ambientais complementares às análises físicas e químicas tradicionais e incentiva a conservação dos recursos hídricos



Autorização para coleta científica

Antes de realizar a coleta de macroinvertebrados bentônicos em ambientes naturais para fins de pesquisa científica, é necessário solicitar uma autorização junto ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio), do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Esse processo garante que as atividades estejam em conformidade com a legislação ambiental brasileira, especialmente em áreas protegidas. A solicitação pode ser feita online, por meio do site do ICMBio, e deve incluir informações sobre o objetivo da pesquisa, os locais de amostragem e as espécies-alvo.

Como pedir a autorização :

- Cadastre seu projeto no SISBIO:
<https://www.icmbio.gov.br/sisbio>.
- Anexe documentação exigida: projeto, metodologia, locais de coleta, currículo.
- Caso envolva genética: também cadastre no SisGen:
<https://sisgen.gov.br>



Definição dos pontos de amostragem

A quantidade de coletas deve considerar:

Objetivo da pesquisa

- O que se deseja avaliar?
- Nível de detalhamento necessário.

Recursos disponíveis

- Equipamentos
- Equipe de campo
- Orçamento

Características da área de estudo

- Tamanho da bacia
- Acessibilidade
- Diversidade de habitats

Realizar coletas em diferentes períodos do ano

- Período seco
- Período chuvoso

A definição dos pontos de amostragem deve considerar a representatividade dos diferentes trechos da bacia hidrográfica, levando em conta fatores como uso e ocupação do solo, presença de impactos antrópicos, características físicas dos cursos d'água e áreas de preservação. Ferramentas como o Google Earth podem ser utilizadas para uma análise preliminar do território, auxiliando na identificação de possíveis locais para a coleta.

Após essa análise inicial, é essencial realizar a validação dos pontos em campo, observando as condições reais do ambiente, como acessibilidade, segurança, integridade do curso d'água e possibilidade de aplicação dos métodos de coleta. Essa etapa garante que os pontos selecionados sejam viáveis e adequados para os objetivos do estudo, permitindo uma amostragem consistente e segura.

A definição do número de amostragens deve considerar os objetivos da pesquisa, os recursos disponíveis e as características da área de estudo. Para avaliações mais robustas, é recomendável realizar coletas em diferentes períodos do ano, contemplando a variação sazonal (períodos seco e chuvoso), que influencia diretamente a composição e abundância dos macroinvertebrados. Essa abordagem permite uma análise mais precisa da dinâmica ecológica e da qualidade ambiental ao longo do tempo.



Coleta dos macroinvertebrados bentônicos

A coleta de macroinvertebrados bentônicos deve seguir procedimentos padronizados para garantir a representatividade dos dados e a comparabilidade entre diferentes locais e campanhas. As diretrizes a seguir baseiam-se no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras – 2^a edição (ANA e CETESB, 2023), respeitando os critérios técnicos para o monitoramento ecológico em ambientes aquáticos continentais.

Equipamentos e materiais:

- Rede de mão tipo “D” (boca de 30 cm e malha entre 250 e 500 μm);
- Bandejas brancas para triagem;
- Pinças, pincéis e frascos plásticos (com tampa de rosca);
- Álcool etílico hidratado (mínimo 70%);
- Etiquetas impermeáveis e caneta para marcação;
- Equipamentos auxiliares: GPS, trena, câmera, EPI.



Ficha de Campo para Coleta de Macroinvertebrados Bentônicos

Identificação da Coleta		
Identificação do ponto:		
Coordenadas do ponto:	Latitude:	Longitude:
Bacia Hidrográfica:		Município:
Data:	Hora:	Observação:
Equipe de Coleta		
Responsável técnico:		
Assistente:		
Assistente:		
Assistente:		
Condições Ambientais no Momento da Coleta		
Tempo: <input type="checkbox"/> Ensolarado <input type="checkbox"/> Parcialmente nublado <input type="checkbox"/> Nublado <input type="checkbox"/> Chuvoso		
Temperatura da água (°C):		
pH:		
Condutividade (µS/cm):		
Oxigênio Dissolvido (mg/L):		
Turbidez:		
Odor: <input type="checkbox"/> Ausente <input type="checkbox"/> Presente -descrever:		
Caracterização do Habitat		
Tipo de substrato predominante:		
<input type="checkbox"/> Areia <input type="checkbox"/> Cascalho <input type="checkbox"/> Pedras <input type="checkbox"/> Folha <input type="checkbox"/> Lama <input type="checkbox"/> Outros:		
Tipo de margem:		
<input type="checkbox"/> Vegetada <input type="checkbox"/> Exposta <input type="checkbox"/> Erosão		
Observações:		
Cobertura ripária:		
<input type="checkbox"/> Intacta <input type="checkbox"/> Moderadamente alterada <input type="checkbox"/> Fortemente alterada		
Outras Observações		

Fonte: Autores, (2025).

Amostras devem ser obtidas em diferentes microhabitats (substratos orgânicos e inorgânicos), garantindo heterogeneidade. O protocolo recomendado consiste em:

- Posicionar a rede contra o fluxo da água.
- Revolver o substrato à montante da rede por cerca de 30 segundos a 1 minuto.
- Repetir a operação em ao menos três microhabitats distintos (ex: folhiço, cascalho, raízes).
- O conteúdo da rede é transferido para bandejas ou sacos plásticos para posteriormente ser realizada a triagem.
- Registrar observações relevantes (ex: presença de odores, turbidez elevada, cor da água, etc.).

Triagem:

- A triagem dos macroinvertebrados bentônicos pode ser feita por meio do processo de separação utilizando uma série de peneiras com diferentes tamanhos de malha. As malhas devem ser organizadas em uma sequência crescente de aberturas.
- Os macroinvertebrados visualizados devem ser separados com o auxílio de pinça, e transferidos para frascos contendo álcool.



Figura 4- Peneiras com diferentes malhas;
Figura 5-- Indivíduo da Família Gomphidae
identificado.
Fonte: Autores, (2024).

Identificação da amostra

Após a coleta e a triagem inicial, os organismos devem ser identificados com base em suas características morfológicas externas. A identificação pode ser realizada até diferentes níveis taxonômicos, conforme os objetivos do estudo e o grau de especialização do analista. O uso de lupa ou microscópio estereoscópico é fundamental para a visualização de estruturas anatômicas detalhadas, como brânquias, patas, antenas e mandíbulas, que auxiliam na correta classificação dos macroinvertebrados.

Materiais de apoio para identificação:

- Guias taxonômicos regionais ou nacionais;
- Chaves de identificação ilustradas;
- Cartilhas de identificação simplificada;
- Fotografias e lâminas de referência (especialmente para treinamentos).



Principais Grupos taxonômicos

Grupo

Principais Características

Sensibilidade a impactos

Ephemeroptera

Cabeça triangular ou retangular; olhos compostos bem desenvolvidos; 3 ocelos; antenas desenvolvidas; abdômen com 10 segmentos e 1 rudimentar; até 7 pares de brânquias; 2 ou 3 filamentos caudais.

Sensível

Plecoptera

Cabeça horizontal com peças bucais frontais; 2, 3 ou nenhum ocelo; antenas longas; tórax com 3 segmentos e um par de pernas em cada; abdômen com 10 segmentos (podem ter espinhos); brânquias céfálicas, nas pernas ou no ânus; filamentos caudais.

Sensível

Trichoptera

Peças bucais mastigadoras; 5 olhos laterais (estemas); antenas curtas; tórax bem segmentado; abdômen com 10 segmentos (9° e 10° podem estar fundidos); falsas pernas anais (garras); alguns constroem casulos.

Sensível

Principais Grupos taxonômicos

Grupo

Principais Características

Sensibilidade a impactos

Megaloptera

Peças bucais mastigadoras em forma de foice; tufos de brânquias abdominais; falsas pernas anais; tamanho entre 1 e 12 cm.

Tolerante

Coleoptera

Cabeça desenvolvida; aparelho bucal mastigador; sistema respiratório traqueal (armazenam bolha de ar); podem ser aquáticos verdadeiros ou falsos.

Tolerante

Odonata

Cabeça, tórax e abdômen bem definidos; olhos compostos grandes; 3 ocelos dorsais; aparelho bucal mastigador; lábio extensível; abdômen com 10 segmentos.

Tolerante

Hemiptera

Dois grupos: Gerromorpha (aveludados, cabeça alongada, antenas longas) e Nepomorpha (não aveludados, olhos grandes laterais, antenas curtas); aparelho bucal picador-sugador; cerdas nos tarsos facilitam flutuação.

Tolerante

Principais Grupos taxonômicos

Grupo

Principais Características

Sensibilidade a impactos

Diptera

Corpo vermiforme, sem pernas articuladas; 12 segmentos; aparelho bucal variado (mastigador, lambedor, sugador ou picador); cabeça eucefálica, hemicefálica ou acefálica.

Resistente

Mollusca

Aparelho digestivo completo; manto protetor; Gastropoda (concha espiralada de uma valva); Bivalvia (concha de duas valvas); concha com 3 camadas estruturais.

Resistente

Annelida

Divisão do corpo em segmentos similares, dispostos ao longo de um eixo. Oligochaeta apresentam cerdas curtas e em pouca quantidade; Hirudinea – não apresentam cerdas.

Resistente

Relatório fotográfico

Organismos encontrados na Bacia do Rio Santa Bárbara-MG:

6



Figura 6 - Ordem: Trichoptera.

Relatório fotográfico

7-A



7-B



7-C



Figuras 7 A, B e C - Ordem: Coleoptera.

Relatório fotográfico

8-A



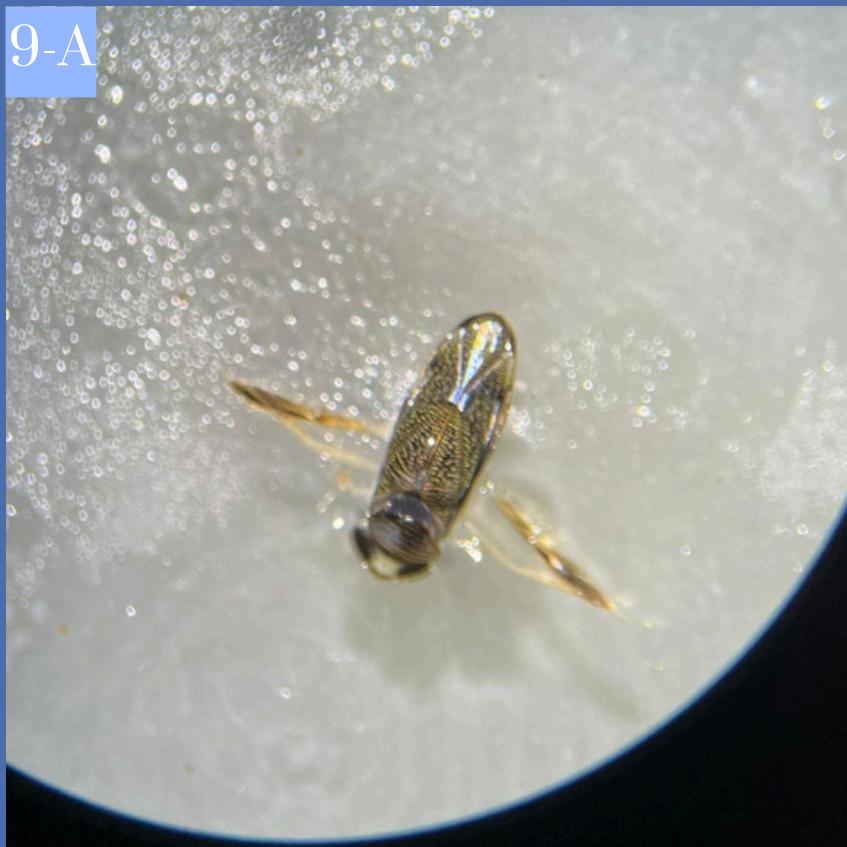
8-B



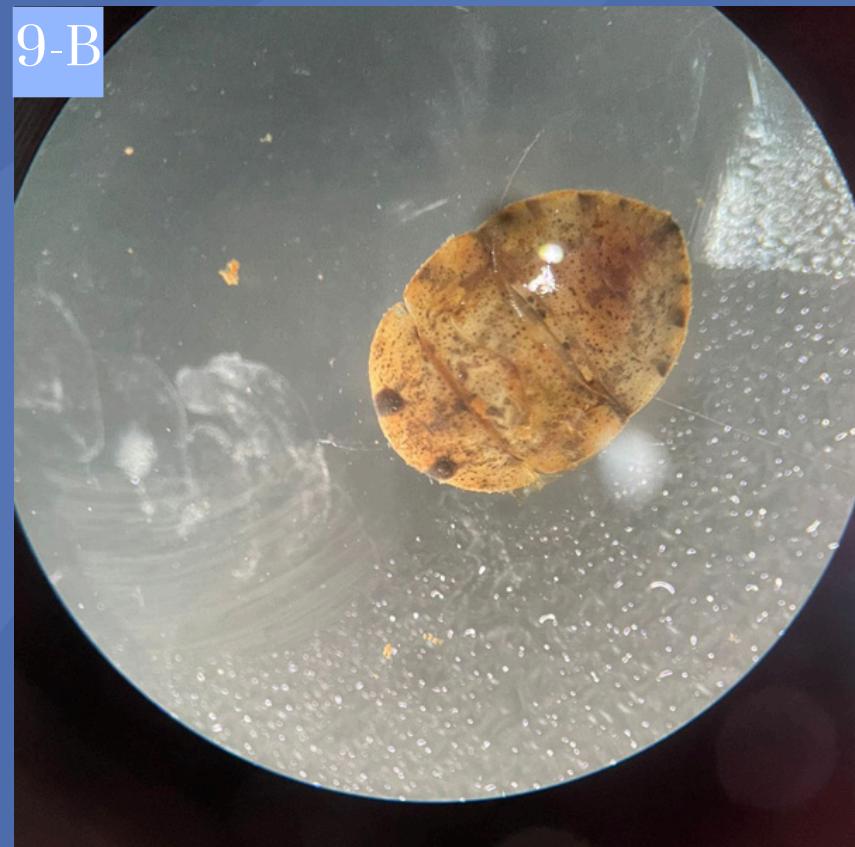
Figuras 8 A e B - Ordem: Odonata.

Relatório fotográfico

9-A



9-B



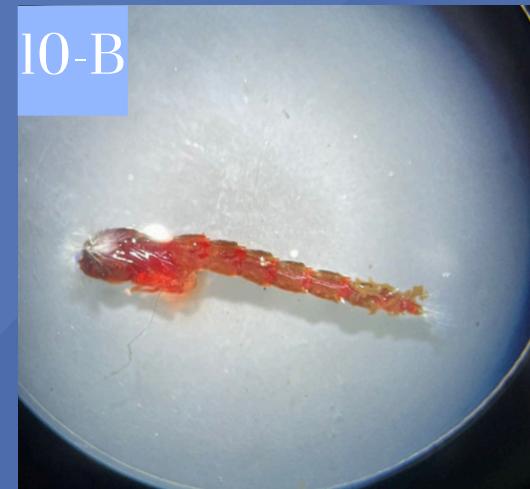
Figuras 9 A e B - Ordem : Hemiptera.

Relatório fotográfico

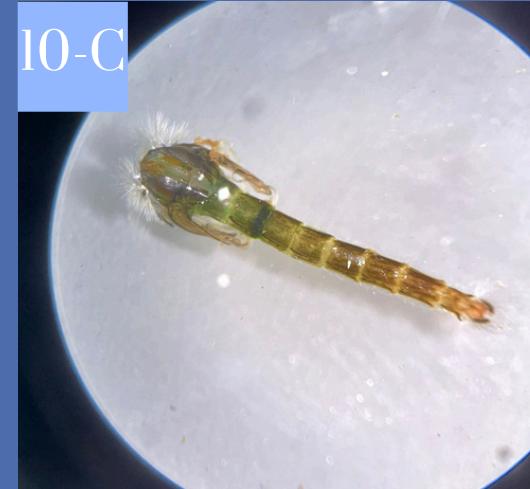
10-A



10-B

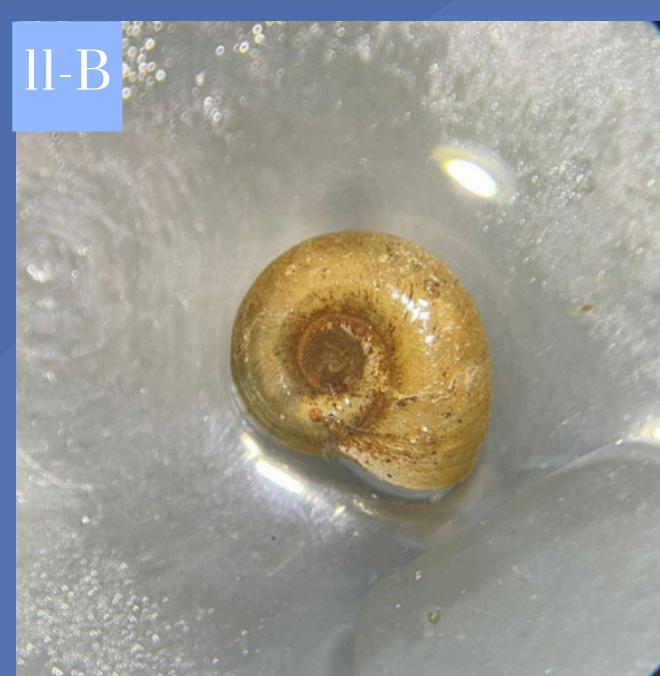


10-C



Figuras 10 A, B e C - Ordem: Diptera.

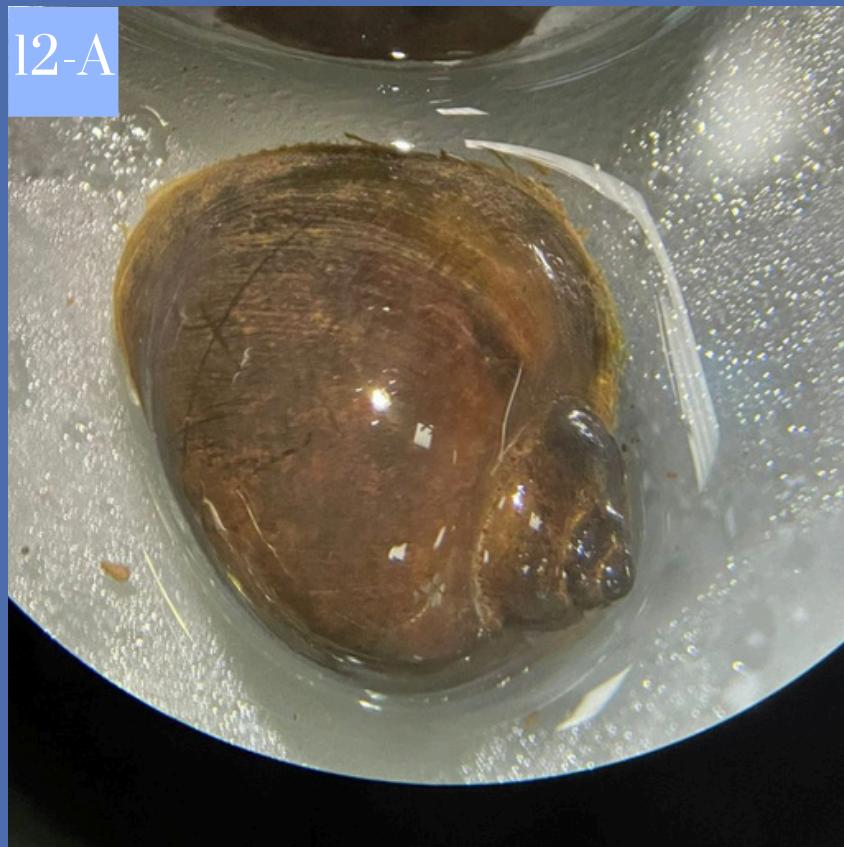
Relatório fotográfico



Figuras II A, B e C - Filo: Mollusca.

Relatório fotográfico

l2-A



l2-B



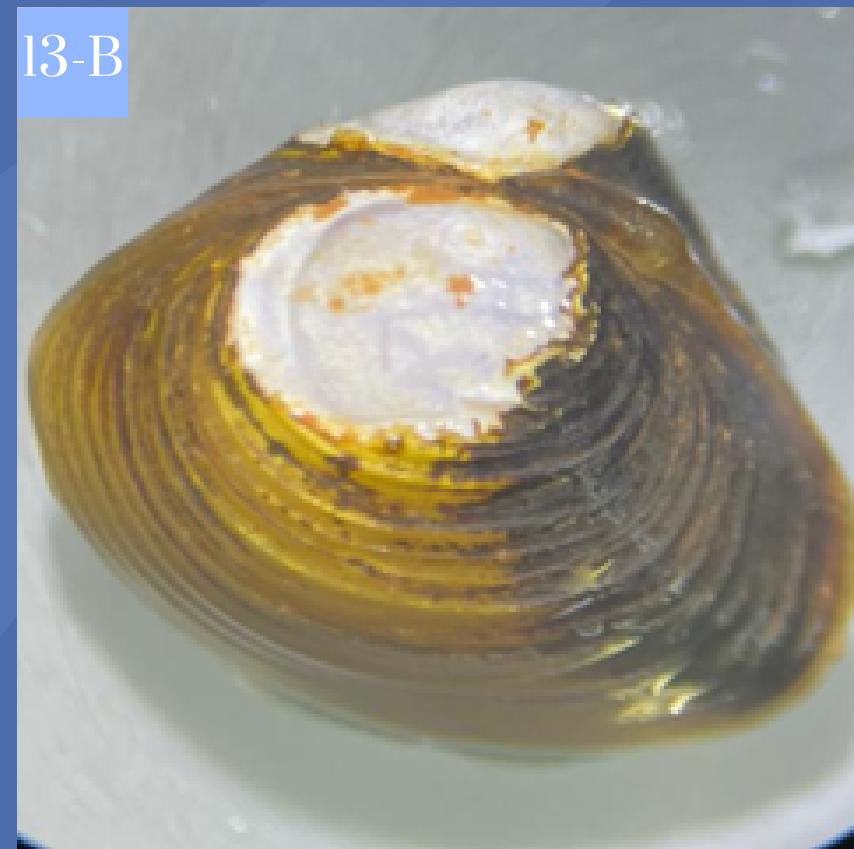
Figuras l2 A e B - Filo: Mollusca.

Relatório fotográfico

l3-A

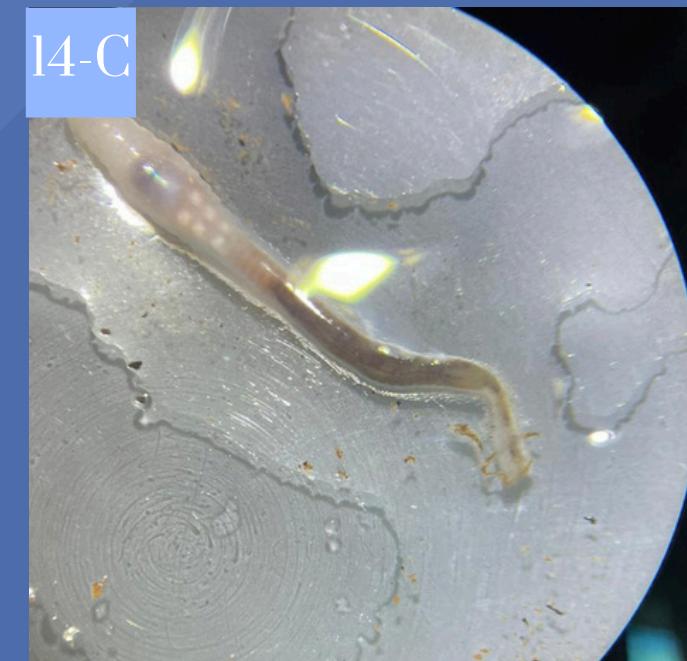
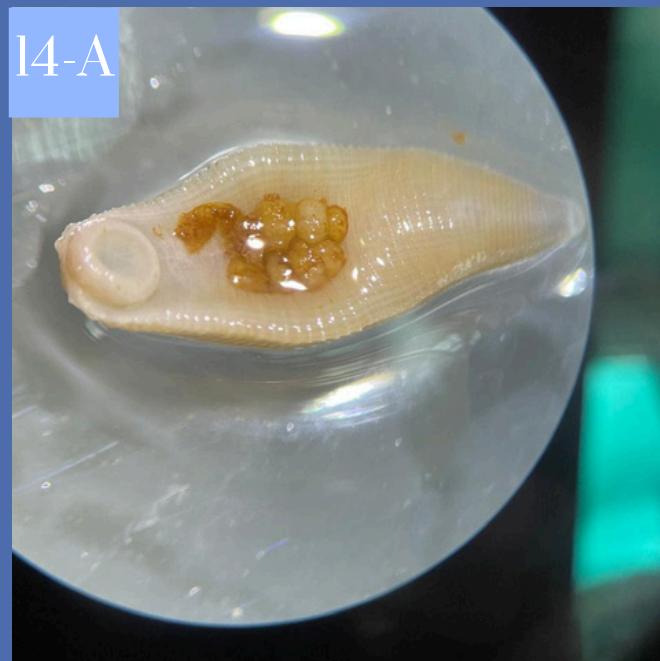


l3-B



Figuras l3 A e B - Filo: Mollusca.

Relatório fotográfico



Figuras l4 A, B e C - Filo: Annelida.

Referências

- CALLISTO, M.; GONÇALVES, J. F. Macroinvertebrados bentônicos. In: BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. (org.). Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. Rio de Janeiro: Instituto de Biologia/UFRJ, 2000. p. 139-152.
- CALLISTO, M. GONÇALVES, J. Macroinvertebrados bentônicos. In: BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. (org.). Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. [S.I.]: IB-U, 2000. CALLISTO, Marcos. & GONÇALVES, José Francisco Jr. 2002. A vida nas águas das montanhas. Ciência Hoje 31 (182): 68-71. UFRJ/SBL. Rio de Janeiro, p.139-152.
- CETESB – Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental e ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras – Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. 2. ed. Brasília, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/04/Guia-Nacional-de-Coleta-e-Preservacao-de-Amostras-edicao-2-portugues.pdf>.
- DEODORO, Sandra Cristina (dezembro de 2013). Análise da bacia do rio Santa Bárbara (MG) baseada em análises morfométrica e multicriterial. Repositório Institucional da UFMG. XIV Curso de Especialização em Geoprocessamento.
- FIRMIANO, K. R. et al. Functional responses of aquatic invertebrates to anthropogenic stressors in riparian zones of Neotropical savanna streams. *Science of The Total Environment*, v. 753, p. 141865, 20 jan. 2021.
- França, J. S. Callisto, M. (2019). Bioindicadores bentônicos de qualidade de água. In M. Callisto, J. S. França, & F. A. R. Barbosa (Eds.), Monitoramento e avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos continentais: protocolos e ferramentas para a gestão (Capítulo 6, pp. 91-104). Belo Horizonte: Editora UFMG. Disponível em: https://labs.ich.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2019/Livro_monitoramento/Monitoramento_cap6.pdf
- HAGEMEYER, G. P. et al. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em nascentes de fragmentos de Mata Atlântica. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 7, n. 1, p. 016–025, 29 jan. 2022.
- ROSENBERG, D.M. & V.H. RESH. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. London, Chapman & Hall, IX + 488p.
- SANTOS, Sizabel; GASTALDINI, Maria do Carmo; PIVETTA, Glauzia Schmid; FILHO, Osmar. Integração das curvas de probabilidade e carga máxima total diária (CMTD) na gestão da qualidade da água de uma bacia urbana. *Sociedade & Natureza*, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 1-17, 2018. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/sn-v30n3-2018-1>