

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA GERAL**

**ANA RAQUEL BELTRÃO IZIDORO**

**A INTERAÇÃO ENTRE TRICHOPTERA (INSECTA) E O SUBSTRATO  
EXPLORADA EM ESTUDOS EXPERIMENTAIS**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS**

**2025**

ANA RAQUEL BELTRÃO IZIDORO

**A INTERAÇÃO ENTRE TRICHOPTERA (INSECTA) E O SUBSTRATO  
EXPLORADA EM ESTUDOS EXPERIMENTAIS**

Monografia, apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Amanda Ferreira e Cunha

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2025

ANA RAQUEL BELTRÃO IZIDORO

**A INTERAÇÃO ENTRE TRICHOPTERA (INSECTA) E O SUBSTRATO  
EXPLORADA EM ESTUDOS EXPERIMENTAIS**

Monografia, apresentada ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

APROVADA: 18 de novembro de 2025.



Documento assinado digitalmente

**ANA RAQUEL BELTRAO IZIDORO**

Data: 30/11/2025 18:04:44-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Ana Raquel Beltrão Izidoro  
Autora



Documento assinado digitalmente

**AMANDA FERREIRA E CUNHA**

Data: 29/11/2025 22:48:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Amanda Ferreira e Cunha  
Orientadora

***Aos meus avós Zelda, Dira e Maria  
e às crianças que vocês criaram.  
Se um dia eu tentei, foi por sua causa.***

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço à minha ancestralidade, que sempre caminhou comigo, me nutrindo e me dando forças. A calma e sabedoria que cantadas por Di Melo, o Imorrível nunca seria concebível não fosse o suporte dos meus guias. A vida, em seus métodos, diz “calma”, e foi inspirada nessa força que consegui manter a serenidade.

Agradeço a minha orientadora, Amanda Cunha, por ter topado realizar este projeto e dedicar horas preciosas à minha monografia. Foi ela quem, no início da graduação, me proporcionou o ambiente para meu primeiro trabalho com insetos aquáticos, onde passei horas fotografando libélulas no horto botânico. Também me forneceu todas as ferramentas necessárias para esta pesquisa, preocupando-se comigo mesmo quando os equipamentos me deixaram na mão.

À minha mãe, Danielle, agradeço pelo exemplo de resiliência e por sempre me lembrar de manter o foco no meu objetivo. Mais do que tudo, agradeço pelo suporte financeiro durante todos esses anos, especialmente nestes últimos cinco de graduação. Sou um projeto seu e do meu pai, e nunca me esquecerei disso. Espero sempre lhes dar orgulho.

Ao meu pai, Solon, agradeço pelo suporte constante e por sempre me ajudar a conseguir o que precisava para concluir este projeto. Um agradecimento especial pelo grande presente que foi minha bicicleta, a Xodózinha. Com toda a certeza, ela foi uma das minhas melhores ferramentas nestes cinco anos, me garantindo um tempinho a mais para tudo e, principalmente, para encontrar uma nova casa.

Agradeço de todo o coração à Ceres e Katherine. Porque me ouviram, me motivaram e, acima de tudo, porque me abrigaram em sua casa e me ofereceram conforto em tempos complicados. Agradeço por nossas conversas e estudos. Este trabalho não existiria nesta linha do tempo sem vocês. Estendo meus agradecimentos aos queridos do 1821, pelos mesmos motivos e pelo ambiente acolhedor que projetaram para a comunidade. Levarei a experiência de conviver com vocês para sempre, com gratidão.

Aos meus irmãos, Manu e Bento, pelos momentos de felicidade e por me fazerem esquecer da Academia. Ao Bentinho, meu afilhado, agradeço também pela leveza de orbitar seu mundinho.

Agradeço ao meu amigo Elbio, meu primeiro pai de santo, que me adotou assim que entrei em sua vida. Espero que a profissional que me tornarei nunca esqueça das lições e conversas que tivemos, sobre a vida e a faculdade. *Ave atque vale*, meu amigo. Saravás e adeus.

Novamente aos meus avós e dindos, Maria, Dira e vózinha Zelda. Tudo o que me deram permitiram a esta cabeça pensar. Se quiserem, posso alugar uma horinha na cabeça de vocês para mostrar todo este projeto.

A todos que tiveram a mansidão de me ensinar, particularmente Isis Rezende, Moana Rothe-Neves, Pedro Bonfá, Karla Yotoko e Nádia Kroth. Sou muito fã de todos vocês.

Agradeço ao professor Frederico Salles e ao Museu de Entomologia por me apresentarem todo um mundo de coisas que nunca imaginei. Estar envolvida naquele espaço de trabalho e cultura foi, com certeza, um ponto de virada na minha vida, que me auxiliou a definir meus objetos de trabalho.

À Jennifer e sua família, sua mãe Maria José, suas tias e tio, sua avózinha e a criançada, agradeço porque me adotaram e me encheram de felicidade, dando-me a força necessária para continuar com as minhas metas. Seus churrascos e conversas leves foram essenciais para terminar esta graduação. Estar com a família de vocês fez maravilhas pela minha saúde mental.

Às queridas McTha e Rachel Reis, pelo grande apoio hipnótico de escrita, sou enormemente grata pela arte que vocês fazem. Quando eu crescer, quero ser igual a vocês. A Di Melo, agradeço pelas músicas, totalmente apropriadas a tudo que eu vivia; acho que ele é um dos homens mais sábios que já produziu arte no mundo. Te admiro e entro na sua frequência como se fosse na dos encantados.

As equipes dos laboratórios de ecologia (LABECO) e invertebrados aquáticos (LEIA) agradeço pelas inúmeras opiniões e conselhos sobre as imagens desta monografia. Agradeço também as sugestões de leitura e explicações de conceitos chave para esse trabalho.

Finalmente, agradeço o incentivo financeiro proporcionado pelas agências CNPq, Fapemig e CAPES durante os anos da minha graduação.

“Brilham do luar à Luz celeste e clara.  
Como em órbitas de fatais caveiras  
Olhos que fossem de defuntas freiras,  
Os astros morrem pelo céu pressago...  
São como círios a tombar num lago.”

(Alphonsus de Guimaraens)

## RESUMO

IZIDORO, Ana Raquel Beltrão. **A interação entre Trichoptera (Insecta) e o substrato explorada em estudos experimentais**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2025.

Trichoptera são insetos aquáticos reconhecidos como engenheiros de ecossistemas, cujas estruturas de seda (redes, abrigos e casulos) aumentam a coesão dos sedimentos e incentivam a colonização por outros organismos. Sua interação físico-química com o ambiente resulta em diversos processos ecológicos, como bioerosão, bioturbação, biofiltração, bioproteção e bioconstrução, destacando a relevância desta ordem para ecossistemas aquáticos. Para avaliar a interação entre sedimentos e a biologia de Trichoptera, este trabalho realizou uma revisão bibliográfica de estudos experimentais sobre a interação dos substratos com a biologia de Trichoptera. A metodologia consistiu em uma busca com termos booleanos nas bases Web of Science, Scopus e SciELO, seguida de triagem e identificação de variáveis categóricas. Os resultados revelaram duas vertentes principais de pesquisa e uma terceira emergente, relacionada a secas e mudanças climáticas. Os estudos concentram-se latitudinalmente em climas temperados, principalmente nos Estados Unidos, embora a Nova Zelândia estabeleça as parcerias internacionais mais sólidas. Na Zona Neotropical, verificou-se uma distribuição desigual de trabalhos, mesmo em regiões de alta diversidade conhecida, com a maioria concentrada na Mata Atlântica. Apenas um terço dos poucos estudos na região focam na biologia de Trichoptera, sendo as investigações sobre bioestruturas ainda mais raras. Metodologicamente, predominam procedimentos *in situ* em ambientes lóticos de baixa ordem. A partir de 2010, observa-se uma transição para experimentos em mesocosmos e condições laboratoriais controladas. As famílias Hydropsychidae e Limnephilidae (construtoras de redes e abrigos fixos, e de abrigos portáteis respectivamente) são as mais estudadas. Contudo, apenas 28% dos experimentos focam no aspecto de construção de estruturas. Nos estudos com substratos de mineração, nenhum trabalho abordou o comportamento de construção dos Trichoptera, embora a maioria dos táxons tenha apresentado efeitos neutros ou subletais e os vários registros de bioacumulação. Este trabalho identifica a necessidade de integrar os aspectos comportamentais de Trichoptera à ecotoxicologia em estudos futuros, particularmente em trabalhos em regiões de expansão de atividades mineradoras, como a região Neotropical.

Palavras-chave: insetos aquáticos, substratos, seda, experimentos

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Mapa do número de espécies/gêneros de Trichoptera para cada uma das sete principais regiões biogeográficas (em 2007). .....	1
<b>Figura 2.</b> Fluxograma de trabalho e triagem da literatura selecionada para análise. .6	
<b>Figura 3.</b> Rede de coocorrência de termos-chave nos resumos da literatura .....	10
<b>Figura 4.</b> Mapa da distribuição geográfica de estudos experimentais sobre a interação de Trichoptera com sedimentos.....	14
<b>Figura 5.</b> Mapa de calor da força dos links estabelecidos entre os países.....	15
<b>Figura 6.</b> Mapa de pontos de realização de experimentos com Trichoptera na Zona Neotropical.....	17
<b>Figura 7.</b> Mapa de pontos de realização de experimentos com Trichoptera nas bacias hidrográficas da Zona Neotropical. ....	18
<b>Figura 8.</b> Gráfico de linha do tempo das condições de criação dos procedimentos experimentais.....	20
<b>Figura 9.</b> Gráfico de proporção de registros de tipo de ambiente estudados por década de publicação.....	21
<b>Figura 10.</b> Gráfico de proporção de táxons estudados nos experimentos junto com Trichoptera.....	22
<b>Figura 11.</b> Gráfico de famílias de Trichoptera usadas em experimentos de interação com substrato. ....	23
<b>Figura 12.</b> Gráfico de número de registros de tipos de substratos estudados com proporção de biofilme. ....	25
<b>Figura 13.</b> Gráfico de proporção de trabalhos que exploram as bioestruturas feitas por Trichoptera.....	26
<b>Figura 14.</b> . Proporção de registros de dimensão e formatos dos substratos identificados por tipo de substrato .....	27
<b>Figura 15.</b> Gráfico de frequência dos tipos de efeitos para os itens de mineração analisados nos estudos. ....	28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Detalhamento das categorias identificadas em cada trabalho. ....	7
<b>Tabela 2.</b> Categorização usada para os sedimentos. ....	8
<b>Tabela 3.</b> Categorização das dimensões e dos formatos dos substratos oferecidos nos experimentos da literatura. ....	9
<b>Tabela 4.</b> Proporção de tipos de bioestruturas construídas pelos Trichoptera estudadas .....	24

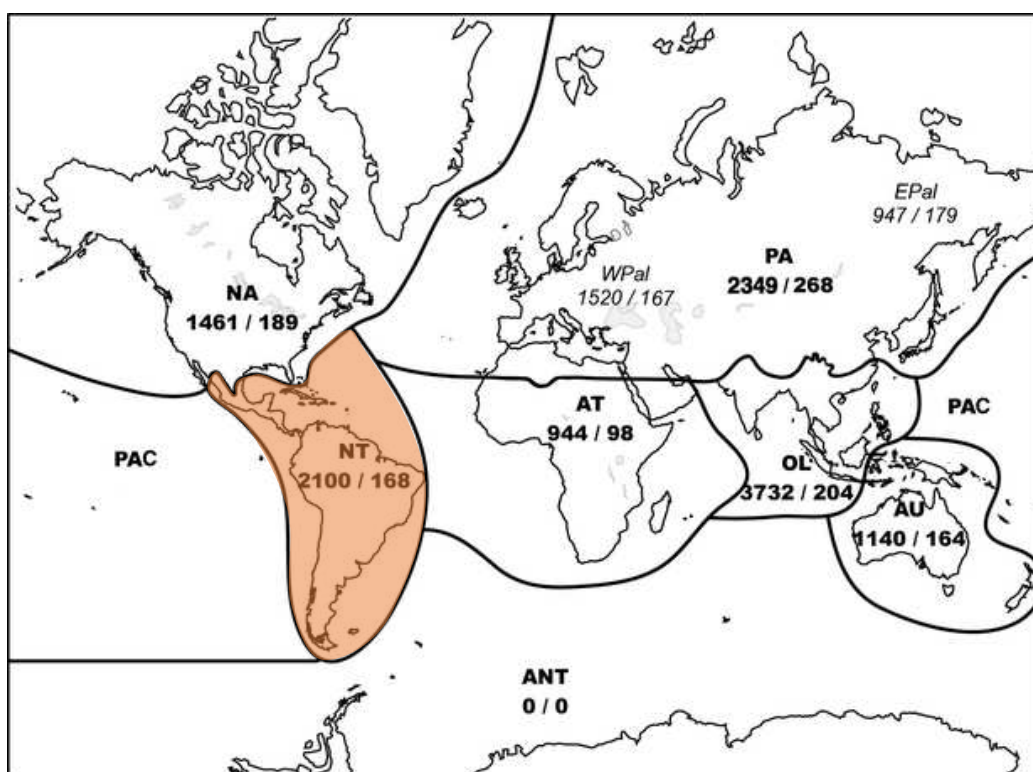
## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Ordem Trichoptera .....	1
1.2. Construção de abrigos, casulos e redes .....	2
1.3. Regiões biogeográficas e bacias hidrográficas .....	3
1.4. Interação dos Trichoptera com o sedimento.....	4
1.5. Caracterização do problema e importância .....	4
2. METODOLOGIA.....	5
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
3.1. Publicações .....	10
3.2. Biodiversidade e condições de estudo .....	20
3.3. Substratos e mineração.....	25
4. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS .....	32

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Ordem Trichoptera

Trichoptera Kirby, 1813 (em inglês, *caddisflies*) é um grupo de insetos aquáticos holometábolos globalmente distribuídos em corpos de água doce (exceto no continente antártico), com uma abundância naturalmente maior na zona tropical (Holzenthall *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2020) e grande endemismo em regiões úmidas tropicais e de montanha (de Moor e Ivanov, 2008; Figura 1). Atualmente, são registradas mais de 16 mil espécies pelo mundo, distribuídas em 618 gêneros e 71 famílias. No Brasil ocorrem 967 espécies, distribuídas em 73 gêneros (Paprocki e Moreira-Silva, 2024; Santos *et al.*, 2025).



**Figura 1.** O número de espécies/gêneros de Trichoptera para cada uma das sete principais regiões biogeográficas (em 2007). Em destaque, a zona Neotropical (NT), que será abordada na discussão. Modificado de De Moor & Ivanov (2008).

O grupo compreende duas grandes divisões em subordens monofiléticas, Annulipalpia e Integripalpia (Thomas *et al.* 2020; Paprocki e Moreira-Silva, 2024). Estas divisões são baseadas em aspectos morfológicos e comportamentais, como os segmentos do palpo maxilar do aparelho bucal dos adultos e o tipo de bioestrutura construída pelas larvas (Thomas *et al.* 2020; Paprocki e Moreira-Silva, 2024).

Os insetos da ordem são caracterizados por densas cerdas presentes no corpo inteiro, recobrando inclusive as asas (que possuem uma venação particular no par anterior, com veias anais curvadas em duplo Y) e pelas fêmeas heterogaméticas (Grimaldi e Engel, 2005; Holzenthal *et al.*, 2007; Paprocki e Moreira-Silva, 2024). As larvas possuem falsas pernas anais com garras presentes na porção final do abdômen e, diferentes do adulto, possuem peças bucais bem desenvolvidas e especializadas. Outra característica particular das larvas é a presença de glândulas de seda nas peças bucais que podem ser utilizadas para fazer uma espécie de teia (Holzenthal *et al.*, 2007, Morse *et al.*, 2019).

Esta seda é um recurso especialmente interessante, pois permite que estes insetos façam abrigos, casulos, redes e outras estruturas bidimensionais e tridimensionais. As características morfológicas e fisiológicas das peças bucais das larvas contribuíram para a produção desta seda (Holzenthal *et al.*, 2007; de Andrade Soares *et al.*; 2024). A partir da seda, os Trichoptera exploraram novas estratégias de alimentação, proteção, camuflagem, locomoção e auxílio à respiração aquática (Merrit e Wallace, 2009; de Moor e Ivanov, 2007; Morse *et al.*, 2019).

## **1.2. Construção de abrigos, casulos e redes**

A seda das larvas é uma fibra composta de nanoestruturas adesivas de fibroína, principalmente a fibroína de cadeia pesada. Elas são incorporadas com sequências estruturais de serinas altamente fosforiladas, densamente carregadas de íons, e com blocos alternados de resíduos com cargas opostas na região central (Ashton *et al.*, 2011). Estas sequências criam uma estrutura que maximiza a área de contato com as superfícies e, ao mesmo tempo, permite uma elasticidade dentro do ambiente aquático (Ashton *et al.*, 2011).

As propriedades da seda produzida pelas larvas possibilitam a incorporação de vários itens nas estruturas e uma variedade de formas de abrigos e redes. Por aumentarem a área de superfície e a coesão dos sedimentos, promovendo sua estabilidade e favorecendo a colonização de outros organismos, os Trichoptera são considerados engenheiros de ecossistemas (Morse *et al.*, 2019; MacDonald *et al.*, 2021). Materiais que podem ser ativamente procurados, coletados e/ou incorporados em suas estruturas incluem areia, silte, cascalho e rochas maiores, folhas, madeira,

ossos e até outros organismos como algas e conchas de moluscos (Morse *et al.*, 2019; Thomas *et al.*, 2020).

As estruturas construídas pelos Trichoptera com o uso da seda são classificadas em três tipos principais, que possuem certo valor taxonômico, ainda que não totalmente taxativo (Paprocki e Moreira-Silva, 2024). Estes são: o casulo pupal, feito por todos os indivíduos após o 5º instar do desenvolvimento larval na preparação para a metamorfose (Paprocki e Moreira-Silva, 2024); redes e abrigos fixos (estojos ou retiros de seda), feitos por famílias agrupadas na subordem Annulipalpia; e abrigos móveis (casas e tubos) feitos pelas famílias da subordem Integripalpia (Thomas *et al.*, 2020).

As estruturas construídas pelas larvas a partir da seda permitem que estes invertebrados fiquem protegidos ou mesmo disfarçados no substrato, dependendo dos materiais incorporados na estrutura ou da escolha do sítio de empupação e/ou forrageamento com construção de casulo e abrigo (Holzenthall *et al.*, 2007; Morse *et al.*, 2019; Mason e Sanders, 2021). A construção dessas estruturas requer um grande esforço energético, além da produção da seda. Por exemplo, para os abrigos móveis, feitos de grãos minerais e folhas fragmentadas, é necessária uma busca ativa de materiais de dureza e textura apropriados (Mason e Sanders, 2021).

### **1.3 – Regiões biogeográficas e bacias hidrográficas**

A regionalização biogeográfica categoriza hierarquicamente o espaço geográfico com base na composição das biotas, organizando-se em níveis como reino, região, domínio, província e distrito (Morrone, 2014). A região Neotropical (Figura 1), por exemplo, divide-se em 3 subregiões, 2 zonas de transição, 7 domínios e 57 províncias (Morrone, 2022). Essas categorias permitem compreender padrões de distribuição de espécies e facilita comparações de respostas a variáveis controladas. A proporção de sedimentos finos no leito fluvial, por exemplo, pode ser classificada como deficiente, ótima ou excessiva conforme características locais como dimensão do rio, declive, litologia da bacia e grau de perturbação antrópica (Bryce *et al.*, 2010).

Em escala complementar, a bacia hidrográfica também representa uma unidade relevante para estudos com Trichoptera, funcionando simultaneamente como unidade ecológica e administrativa. Isto está associado com as diferenças na

granulometria e nas taxas de produção primária e decomposição entre diferentes bacias, que são influenciadas por uma infinidade de fatores, incluindo conectividade hidrológica, processos geológicos regionais e condições climáticas (Duller *et al.*, 2010; Tank *et al.*, 2010). A identificação de espécies sensíveis a alterações sedimentares e à dinâmica hídrica nessas bacias pode fornecer bases para medidas de manejo adaptadas a essas unidades territoriais.

#### **1.4. Interação dos Trichoptera com o sedimento**

A interação física dos insetos da ordem Trichoptera com os sedimentos resulta em diversos efeitos ecológicos. Os efeitos registrados e classificados do grupo são a bioerosão, a bioturbação, a biofiltração, a bioproteção e a bioconstrução (Mason e Sanders, 2021). Essa diversidade de funções é incomum em uma única ordem de insetos e está ligada ao seu comportamento, abundância e história de vida (Mason e Sanders, 2021). Alguns desses efeitos, como a bioerosão e a bioconstrução criam micro-habitats estruturados que persistem após a emergência e dispersão dos organismos, favorecendo a colonização por espécies de invertebrados e algas (Morse *et al.*, 2019; Mason e Sanders, 2021). Outros possíveis efeitos, de substratos gerados, das atividades antrópicas, como bioacumulação de microplásticos e metais, ainda não estão bem esclarecidos.

A qualidade do substrato também está relacionada com as espécies de Trichoptera que ocorrem em um corpo d'água. Manchas de substratos de perfis diferentes podem abrigar comunidades bem diferentes, dependendo das exigências e nichos destas espécies (Westveer *et al.*, 2017). Esse fato está relacionado tanto com os níveis granulométricos dos materiais disponíveis para construção quanto com o grau de decomposição e condicionamento dos itens orgânicos disponíveis (Bastian *et al.*, 2007; Menegat *et al.*, 2025).

#### **1.5. Caracterização do problema e importância**

Apesar da forte interação das larvas de Trichoptera com os sedimentos bentônicos, as nuances dessa relação em espécies tropicais permanecem pouco compreendidas (Serpa *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2022; Menegat *et al.*, 2025). Os efeitos de alguns tipos de substratos, como os itens relativamente estéreis de mineração, são pouco conhecidos no comportamento de Trichoptera. Apesar disso,

compreender o impacto antrópico na biologia de Trichoptera permanece constantemente relevante, por conta de recentes desastres ambientais com rejeitos de mineração no Brasil e no mundo.

Neste ano de 2025, por exemplo, ocorreu um dos maiores rompimento de metais tóxicos da história, na bacia do Rio Kafue, no Zâmbia (Kille e Zimba, 2025). Outros desastres recentes, impactantes para a história do Brasil, incluem os rompimentos de barragens em Brumadinho e Mariana, Minas Gerais. Com a progressiva ampliação das atividades mineradoras, entender as consequências deste tipo de evento sobre os macroinvertebrados aquáticos é importante para construir um conhecimento que permitirá criar estratégias de mitigação e manejo de ecossistemas aquáticos degradados (Mwedzi *et al.*, 2016; Kotalik *et al.*, 2021; Chakraborty *et al.*, 2022). Para preencher essas lacunas, os experimentos (sejam *in situ* ou *ex situ*) surgem como estudos fundamentais. Eles permitem investigar os mecanismos por trás das interações entre as espécies e os substratos, testar hipóteses e estabelecer relações de causa e efeito, indo além das correlações observadas em estudos descritivos (Sasaki *et al.*, 2025).

A partir de uma revisão bibliográfica de estudos experimentais, esta monografia teve como objetivo central verificar a relação entre substratos e aspectos comportamentais de Trichoptera, considerando as estruturas construídas como elemento principal dessa interação. A análise priorizou a distribuição geográfica dos trabalhos, principalmente na Zona Neotropical, os tipos de estruturas, os substratos testados e os efeitos de substratos de mineração. Para isso, tendências e vieses contidos nos estudos experimentais foram investigados.

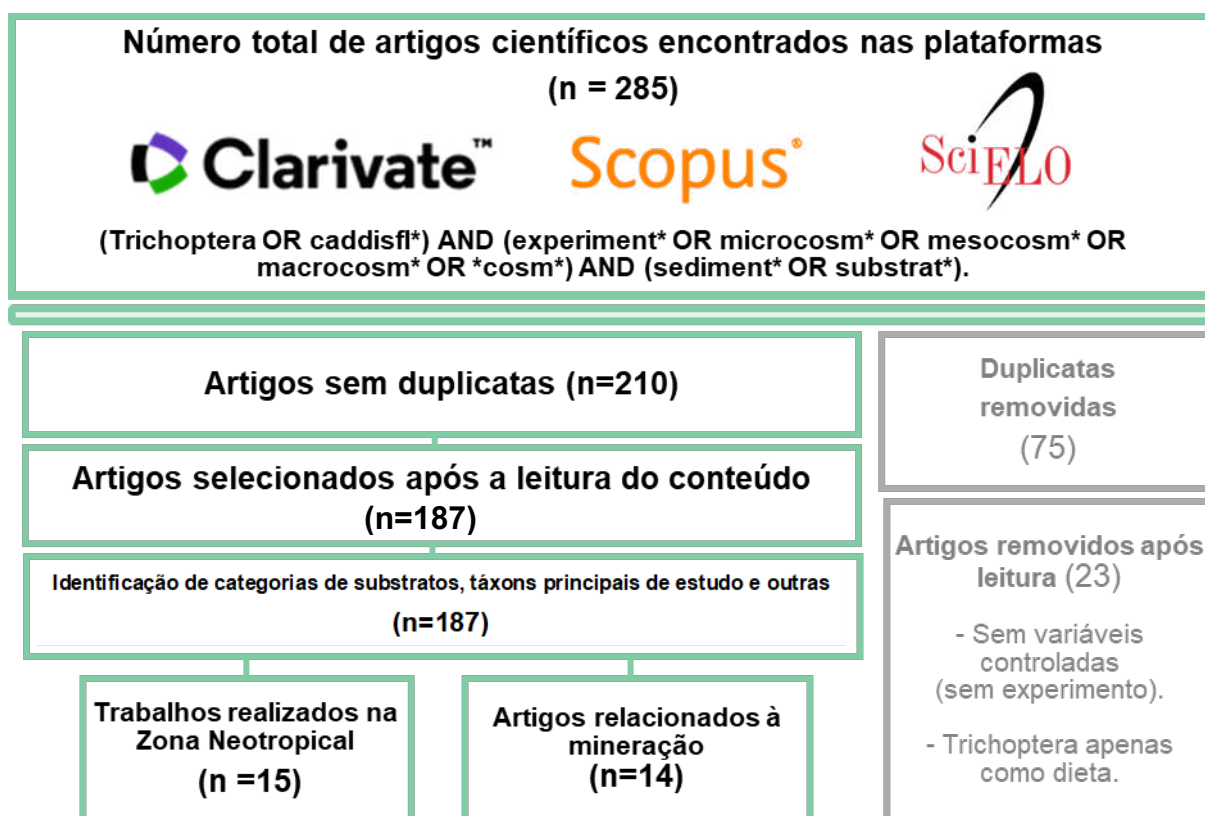
## 2. METODOLOGIA

Para garantir o acesso a literatura relevante e com metadados completos, estabelecemos critérios de seleção. Foram considerados artigos com resumo em inglês, essencial para o alcance internacional, e que tivessem versão online, com ou sem DOI. As buscas priorizaram bases de dados relevantes nas Ciências Biológicas, que potencialmente incluíssem trabalhos na América Latina, África e Ásia.

As bases de dados selecionadas foram Scopus, Web of Science e SciELO. Os termos de busca booleana foram: **(Trichoptera OR caddisfl\*) AND (experiment\* OR microcosm\* OR mesocosm\* OR macrocosm\* OR \*cosm\*) AND (sediment\* OR**

**substrat\*)** (Figura 2). Os termos foram limitados a aparecer no título, resumo ou palavras-chave dos artigos. O único filtro aplicado foi a restrição a artigos originais, excluindo assim revisões de literatura e anais de conferências científicas.

Os resultados foram exportados para o software gerenciador de referências Zotero (Versão 7; 2024), onde as duplicatas entre as bases foram removidas, resultando em um total de 210 artigos para a triagem inicial (Figura 2). Os metadados foram exportados para uma planilha Excel, e os resumos foram lidos para classificar os artigos como dentro ou fora do escopo. Foram excluídos estudos que: i) tratavam de Trichoptera apenas como parte da dieta de outros organismos; ou ii) não envolviam um procedimento experimental, limitando-se a descrições de biodiversidade. Após essa triagem, que considerou todos os registros retornados pela busca, obtivemos 187 publicações para análise (Figura 2).



**Figura 2.** Fluxograma de trabalho e triagem da literatura selecionada para análise.

Além disso, algumas informações foram obtidas a partir de consulta direta aos artigos, como as localidades dos experimentos e as instituições dos pesquisadores, informações que não são padronizadas e fornecidas como metadados pelas bases de dados. Esses e outros detalhes foram traduzidos em variáveis categóricas para análise, listados e divididos a seguir:

**Tabela 1.** Detalhamento das categorias identificadas em cada trabalho.

<p><b>1- Distribuição geográfica das publicações e coautorias:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. País de realização dos experimentos;</li> <li>b. Ano de publicação;</li> <li>c. Autoria;</li> <li>d. País de associação dos autores;</li> <li>e. Trabalhos da Zona Neotropical.</li> </ol>
<p><b>2- Biodiversidade e condições de estudo:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Condição de realização dos experimentos: <i>in situ</i> ou <i>ex situ</i>.</li> <li>b. Tipo de ambiente de realização dos experimentos (os subtipos apenas foram registrados quando devidamente explícito):             <ol style="list-style-type: none"> <li>i. <b>Laboratório:</b> Unidades projetadas e equipadas para estudos científicos, com condições rigorosamente controladas e monitoradas.                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Canal de recirculação: Sistema fechado de água com volume constante em circulação, frequentemente utilizando água de riacho alóctone (ex.: "flumes" ou calhas).</li> <li>• Canal de fluxo descendente: Permeâmetro de fluxo de água que simula o leito.</li> <li>• Microcosmos: Simulação simplificada de ambientes aquáticos naturais, geralmente em aquários ou recipientes fechados.</li> <li>• Mesocosmo: Ecossistema simulado, projetado e construído para se assemelhar a um análogo natural (também referido como mesocosmo artificial).</li> </ul> </li> <li>ii. <b>Lêntico:</b> Ambiente de águas paradas ou de pouca movimentação como lagos, lagoas, charcos e lagoas de inundação.</li> <li>iii. <b>Lótico:</b> Ambientes de água doce corrente, caracterizados pelo fluxo constante de água da nascente para a foz, como córregos, riachos e rios. As ordens consideradas nos subtipos são aproximadas pelo método de ordenação de cursos d'água por magnitude proposto por Shreve (1967):                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa ordem: Cursos de 1ª, 2ª e 3ª ordem.</li> <li>• Alta ordem: Cursos de 4ª, 5ª e 6ª ordem.</li> <li>• Sumidouro: Ponto onde um curso d'água superficial penetra no solo, podendo formar cavernas.</li> <li>• Canal artificial: Desvio do curso de água natural principal para atividades antrópicas.</li> </ul> </li> <li>iv. <b>Interface lêntico-lótico:</b> Pântanos de várzea, saídas de lagos e lagoas para sistema lótico</li> <li>v. <b>Microcosmo e Mesocosmos externos:</b> Configurações experimentais realizadas a céu aberto ou em unidades laboratoriais de fluxo unidirecional, alimentadas por riachos próximos. Neste caso, o mesocosmo também é referido como mesocosmo natural).</li> </ol> </li> <li>c. Macroinvertebrados estudados;</li> <li>d. Espécies de Trichoptera estudadas (organizadas em famílias);</li> <li>e. Tipo de estrutura biogênica (casulo pupal, abrigo móvel, abrigo fixo).</li> </ol>
<p><b>3- Substratos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Categoria de substrato (Tabela 2);</li> <li>b. Tipo de substrato (Tabela 2);</li> <li>c. Dimensões (tamanho médio) e formatos (Tabela 3);</li> <li>d. Substratos de mineração (metais, óxidos e hidrocarbonetos de petróleo);</li> <li>e. Efeitos de substratos de mineração             <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Neutro: foram considerados neutros efeitos não significativos ou não registrados.</li> <li>ii. Positivo: foram considerados efeitos positivos quando outros grupos da área foram negativamente afetados pelos itens de mineração, indiretamente aumentando a abundância dos grupos alvo.</li> <li>iii. Negativo: Impacto adverso causado por um fator de stress (como substratos de mineração) que resulta em prejuízo mensurável para os organismos. Divididos em 3 subtipos:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Letal: os efeitos negativos que explicitamente aumentaram a mortalidade em um grupo.</li> <li>• Subletal: Efeitos que não causam morte imediata, mas modificam explicitamente a fisiologia ou o comportamento dos organismos, como o aumento da deriva, redução da taxa de crescimento ou alterações na alimentação.</li> <li>• Associado: Quando o efeito negativo identificado é resultado de um aspecto correlacionado com o efeito de outro fator, sendo diretamente influenciado por ele.</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>

**Tabela 2.** Categorização usada para os sedimentos.

Categoria	Tipo	Exemplos
Natural	Mineral	Metais (em sedimento fino ou grãos), Argila, Silte, Cascalho, Areia, Pedras-de-mão, Matacões
	Orgânico	Folhiço (condicionado ou esterilizado); rede de folhas; discos de folhas; madeira não tratada; casca de árvore; carcaças de peixes; macrófitas naturais; petróleo
	Misto	Sedimento e substrato (quando não especificados); lama; sedimentos congelados.
Artificial	Cerâmica (argila queimada)	Ladrilhos e tijolos de cerâmica, cerâmica moída
	Plástico	Grana sintética; malha de plástico; PVC, PET e outros microplásticos.
	Vidro	Plexiglass (considerado vidro por ter qualidades semelhantes), pedaços de vidro, vidro moído
	Concreto	Tijolos, plataformas e cestas de concreto (cimento + agregados)
	Outros	Substratos Difusores de Nutrientes (SDN)- Composto de ágar e nutrientes.
Seda - Tecidos de confecção de briófitas artificiais		
Substratos artificiais multiplacas (MAS) - Placas de madeira tratada entrelaçadas		

A categoria biofilme foi adicionado a qualquer uma das categorias de substratos (Tabela 1) que foram colonizadas por algum tipo de perifíton ou bactérias, como as fixadoras de ferro.

O país de associação dos autores foi utilizado para construção e visualização de mapas baseados em redes bibliométricas. Esses dados foram exportados em CSV UTM-8 para o software VosViewer (Van Eck e Waltman, 2010; versão 1.6.). Para uma análise rápida dos conteúdos abrangidos nos trabalhos, os resumos foram exportados para o VosViewer, identificando palavras de maior relevância nos artigos e eliminando palavras estruturais e conectivos das frases.

Os dados de coordenadas geográficas das localidades na Zona Neotropical foram utilizados em mapas confeccionados no software QGIS Geographic Information System (QGIS Development Team, 2024). As coordenadas foram compiladas com auxílio do Google Earth online. Para os mapas, os shapefiles de Morrone (2022) e Lehner e Grill (2013) foram usados como fontes, representando divisões de domínio biogeográfico e bacias hidrográficas respectivamente.

As demais variáveis categóricas foram analisadas por meio de estatísticas descritivas e exploratórias no software Excel e utilizando-se a linguagem R de programação (R Core Team, 2024). Para isso, os dados foram organizados em

planilhas estruturadas, seguidas de análises de frequência e distribuição, visando caracterizar padrões relacionados aos temas centrais do estudo: distribuição geográfica, biodiversidade, estruturas biogênicas e efeitos de substratos.

**Tabela 3.** Categorização das dimensões e dos formatos dos substratos oferecidos nos experimentos da literatura. Categorias de dimensão adaptadas da norma ABNT NBR 6502 (1995).

<b>MEDIDAS LINEARES</b>		
<b>Categoria de dimensão</b>	<b>dimensão (em mm)</b>	<b>Tamanho equivalente</b>
	<0.002	Argila (Sedimento fino)
	0.002 - 0.06	Silte (Sedimento fino)
	0.06 - 0.2	Areia fina
	0.2-0.6	Areia media
	0.6-2.0	Areia grossa
	2.0 - 6.0	Pedregulho fino
	6.0 - 20.0	Pedregulho médio
	20.0 - 60.0	Pedregulho grosso
	60 – 200	Pedra de mão
	>200	Matacão
<b>MEDIDAS NÃO LINEARES</b>		
<b>Categoria de formato</b>	<b>Categoria de formato</b>	<b>Formatos (descrição)</b>
	Tijolo	Sólido retangular com seis faces
	Ladrilho	Paralelogramo plano de baixa espessura
	Folhiço	Folhas de vegetação
	Carça	Cadáveres de peixes
	Disco de folha	Recortes circulares de material vegetal foliar para padronização do tamanho.
	Macrófita	Plantas aquáticas, vasculares ou não, que fossem maiores que tapetes de musgo. Também usado para substratos artificiais que imitavam macrófitas.



Um segundo cluster bem definido é o de larvas e abrigos (em verde). Este grupo conecta-se ao cluster vermelho principalmente pela palavra exposição, provavelmente relacionada a testes controlados com diferentes configurações de substrato e contaminantes (e.g. Palmquist *et al.*, 2008; Campos *et al.*, 2020). No entanto, a sua temática geral é distinta, focada em aspectos mais específicos da biologia de Trichoptera, com expressões como retiro, rede, presas, predação e comportamento (e.g. Hildrew e Townsend, 1977; Walton 1978; Graça *et al.* 2018). É também neste cluster que surge a expressão “tipo de substrato”, sugerindo que os trabalhos que testam diferentes substratos estão mais associados a esta linha de investigação mais focada em Trichoptera, como nos trabalhos de Natsumeda e Iguchi (2019) e Allen *et al.* (2024).

Adicionalmente, foram identificados clusters ainda não totalmente consolidados (amarelo, azul e roxo), os quais, perante mudanças nas tendências de pesquisa, podem tornar-se mais distintos e bem agrupados, tal como os dois principais.

O cluster azul apresenta forte relação temática com o cluster verde, uma vez que também se concentra em aspectos da biologia de Trichoptera. A presença de termos como "taxa de crescimento", "fragmentador" e "preferência alimentar" sugere que as metodologias e observações neste agrupamento são mais especializadas em comparação aos outros clusters. Tais observações incluem os efeitos do ressecamento sobre a atividade de fragmentadores de folhas e detritívoros e no condicionamento do material vegetal disponível para a alimentação, conforme documentado por Wantzen *et al.* (2005), Leberfinger *et al.* (2010) e Masese *et al.* (2014). Leberfinger e colaboradores (2010) apontam uma redução significativa na decomposição em tratamentos de seca média e alta. Neste contexto, foi observada a pupação antecipada de *Limnephilus flavicornis* e diminuição da atividade de grupos fragmentadores de macroinvertebrados.

Já Masese e colaboradores (2014) relatam a importância de grupos fragmentadores e coletores durante os períodos de seca periódicos. Nesses episódios, o menor fluxo da água reduz a carga de partículas de matéria orgânica fina, diminuindo a atividade de grupos que dela se alimentam. Além disso, os autores relatam uma diminuição da atividade de fragmentadores próximos a solos usados para agricultura. Esta diminuição foi associada a plantações de árvores do gênero *Eucalyptus*, reduzindo também a ciclagem de nutrientes nos locais estudados. Palmia

e colaboradores (2019) dão suporte a esta importância ao encontrarem maior regeneração de carbono, nitrogênio e fósforo na presença de uma espécie da família Limnephilidae, apesar da desaceleração da taxa de decomposição durante a seca. Apesar de corroborar a questão da diminuição de grupos filtradores e de vida livre durante os períodos de seca, Albertson e Daniels (2016) não encontraram diferenças nas habilidades do grupo na produção de seda durante os períodos de seca e de cheia.

Este cluster também é evidenciado por estudos sobre “oviposição”, “massa de ovos” e “fêmeas”. Trabalhos mais recentes como Miller e colaboradores (2020), que demonstra uma resistência a dessecação das massas de ovos algumas espécies como *Brachycentrus occidentalis*. Outros grupos do estudo como *Hydropsyche occidentalis* possuem uma mortalidade total dos ovos nos contextos de seca. Jara (2025), o artigo mais recente dos dados, registra esta resistência a dessecação em massas de ovos e outras adaptações de períodos de seca. Para duas espécies sul-americanas da família Limnephilidae, o artigo registra a descoberta dos ovos e larvas em sedimento completamente seco, indicando que estes sedimentos funcionam como refúgio.

Um dos estudos mais velhos sobre o comportamento de Trichoptera dos dados é o de Elliot (1968). Elliot relata um atraso na emergência e pupação em uma espécie de uma espécie de *Hydropsyche* devido ao congelamento e escassez de comida. Olsson (1981) compara as respostas de congelamento do substrato com as respostas de seca, ao identificar formas de resistência ao evento em Trichoptera, com o fechamento de larvas nos abrigos mesmo em larvas não estando em períodos pré-pupais e pupais. Os autores Imhof e Harrison (1981) registram a construção de abrigos profundamente enterrados nos substratos como estratégia de sobrevivência à dessecação. Como registra Strachan e colaboradores (2015), estratégias para sobrevivência a dessecação em Trichoptera incluem o selamento dos abrigos com seda (estivação), diapausa de ovos, empupamento em ambiente terrestre, enterramento e hibernação. Retomando o estudo de Palmia e colaboradores (2019), uma compreensão dos efeitos da intermitência no funcionamento dos sistemas bentônicos é necessária, principalmente no contexto de mudanças climáticas. Como registram os autores, o número de estudos ecológicos em cursos d'água intermitentes tem crescido exponencialmente, principalmente em regiões áridas e mediterrâneas,

relativos às previsões das alterações climáticas relativas à secagem dos cursos d'água.

Com o tempo, este agrupamento em azul poderá se tornar progressivamente mais distinto. Ele pode evoluir para um foco mais específico nos impactos da seca, especialmente no contexto de mudanças climáticas. Esta linha de pesquisa abrangeria respostas reprodutivas, comportamentais e fisiológicas ao distúrbio de seca, conforme observado em Wickson *et al.* (2012), bem como impactos funcionais deste estresse ambiental.

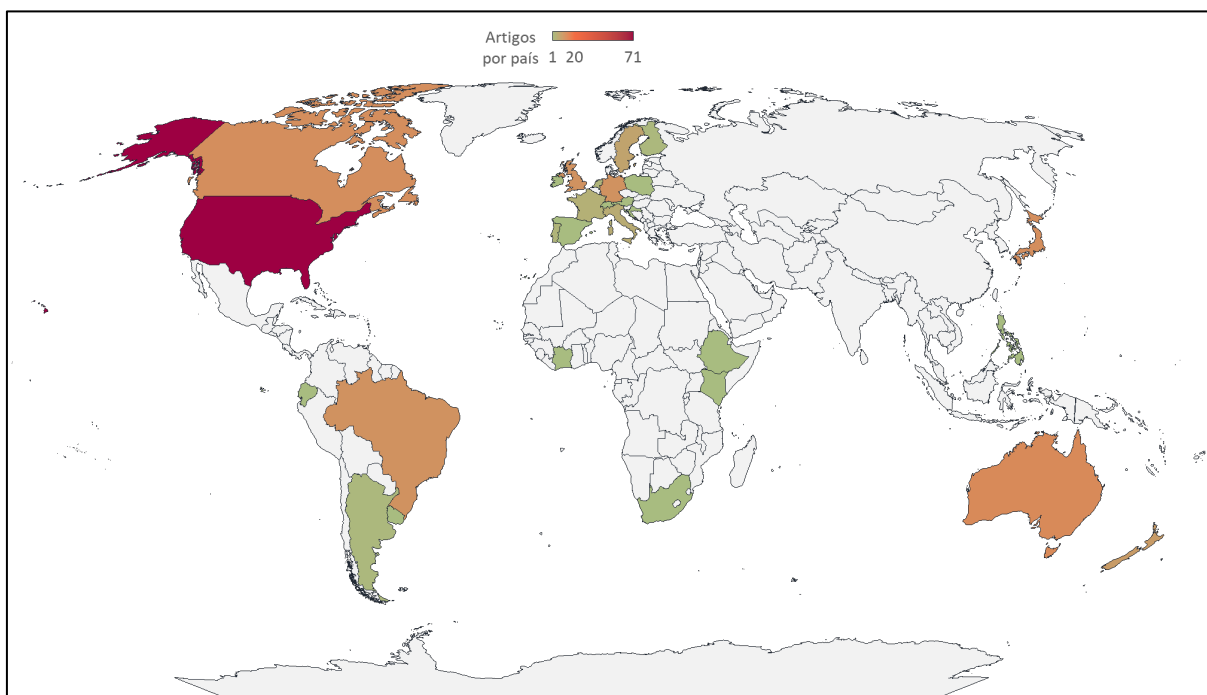
Já o cluster amarelo encontra-se tematicamente associado à superfície algal em rochas e a grupos raspadores de macroinvertebrados (e. g. Feminella *et al.*, 1989; Álvarez e Peckarsky, 2005), demonstrando uma relação conceitual tanto com os clusters vermelho, verde e azul. O cluster roxo é o menos definido tematicamente, sendo composto por termos genéricos como “combinação” e “comunidade de macroinvertebrados”, sendo possível explicitar grande parte dos trabalhos analisados nesta revisão. Desta forma, é o menos provável de se destacar como uma linha de pesquisa independente no futuro.

Na distribuição mundial dos estudos, os registros não aparecem em todos os continentes, com ausência de dados para vários países (Figura 4). Os Estados Unidos é o país com maior representação nos dados (71 artigos). Na sequência, Alemanha, Austrália, Brasil, Canadá, Japão e Reino Unido apresentaram quantidades semelhantes de publicações (superiores a 10 artigos cada), destacando-se em suas respectivas regiões.

Considerado a distribuição latitudinal dos registros, a maioria (79.5%, cerca de 150) dos experimentos foram conduzidos em regiões de clima temperado. Na região tropical, os aproximadamente 15% dos trabalhos (28) estão majoritariamente localizados na Austrália e no Brasil, embora as características dos locais de estudo e das espécies investigadas variem consideravelmente entre os experimentos.

A distribuição global de estudos sobre Trichoptera é desproporcional em relação à riqueza (Figura 1) e abundância conhecidas da ordem. A América Central tropical, por exemplo, permanece não representada, apesar do crescimento exponencial nas descrições de suas espécies desde os anos 1990 (Springer, 2008). Da mesma forma, é notável a ausência de pesquisas na Ásia, especialmente na China e na Índia, centros com vasta produção científica em inglês (Mazzega *et al.*, 2025).

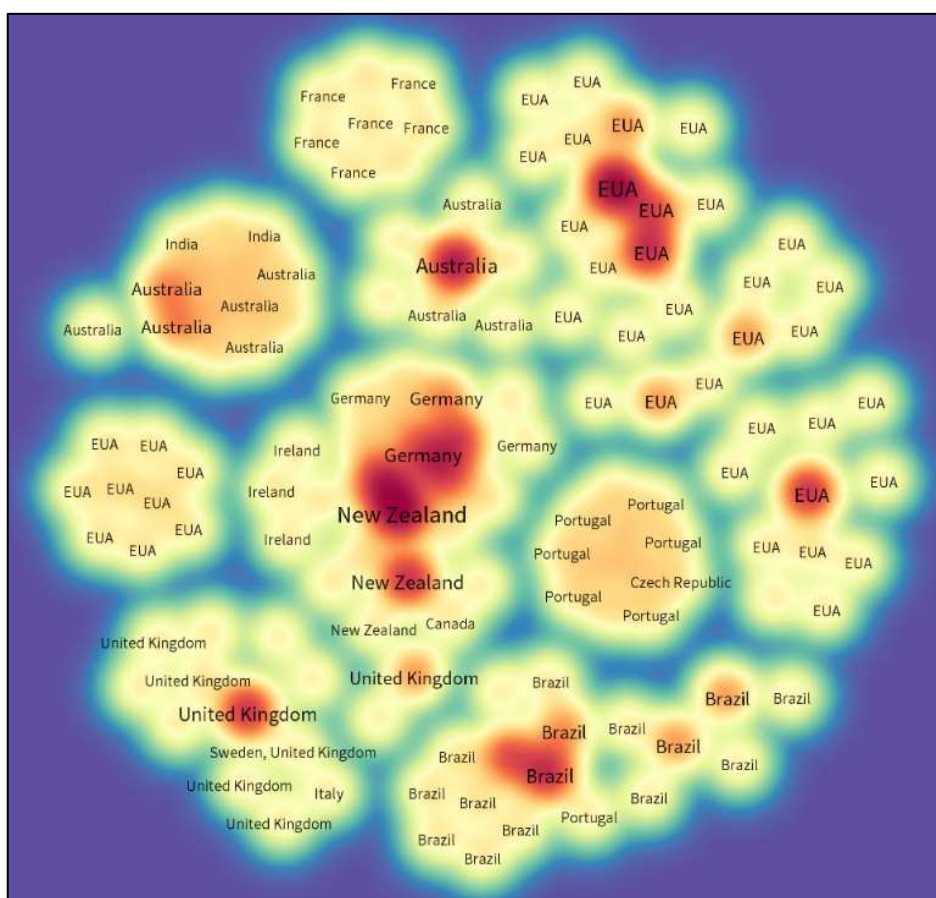
Essa lacuna é significativa, pois esses países abrigam, respectivamente, cerca de 1267 e 1435 espécies descritas (Yang *et al.*, 2016; Parey, 2024). Essa riqueza combinada supera a da Itália, com cinco trabalhos registrados, e da Grécia, ausente nos dados, duas das regiões europeias com a maior diversidade de Trichoptera (Schmidt-Kloiber, 2017). Tal fato sugere que as bases de pesquisa utilizadas nesta revisão foram insuficientes para capturar a literatura da Ásia e de outros continentes pouco representados.



**Figura 4.** Distribuição geográfica de estudos experimentais sobre a interação de Trichoptera com sedimentos. Projeção de Robinson. Países em cinza não apresenta trabalho com essa abordagem.

A análise de colaborações entre autores de diferentes países, entretanto, revela um padrão um pouco diferente (Figura 5). Embora os Estados Unidos ainda se destaquem pelo número de autores nos dados e quantidade de núcleos formados, o país tem poucas colaborações internacionais. A Nova Zelândia surge como o país mais proeminente nesta análise de redes de colaboração. Esta nação estabeleceu parcerias sólidas com pesquisadores da Irlanda, Alemanha e Canadá. Tais vínculos internacionais refletem metodologias de pesquisa semelhantes e colaborações consolidadas ao longo de vários anos (i. e. Matthaei *et al.*, 2006; Elbrecht *et al.*, 2016; Davis *et al.*, 2019). O surgimento da Índia em estudos australianos ilustra uma dimensão adicional. Essa conexão demonstra que o intercâmbio de conhecimento sobre experimentos ocorre mesmo sem a realização de experimentos nestes países.

O maior número de autores e dados experimentais sobre Trichoptera na região temperada norte, principalmente nos Estados Unidos, pode refletir não apenas uma disparidade de recursos e verbas para procedimentos experimentais na área, mas também pela proximidade cultural das populações de países da com insetos aquáticos usados na pesca. É possível que práticas como o “fly-fishing”, que envolve a produção de iscas artificiais que emulam as formas e cores da biodiversidade aquática local para pesca (Parrella, 2013), possa estimular um interesse mais amplo pela entomologia aquática, influenciando indiretamente a escolha de objetos de estudo por pesquisadores dessas regiões.



**Figura 5.** Mapa de calor da força dos links estabelecidos entre os países das publicações mais relacionadas (clusters mais fortes e bem conectados). Cada esfera representa um autor. Quanto mais próximas as esferas, mais fortes são os links entre elas. Links representam co-autoria de publicação.

Outro núcleo que se destaca é o do Brasil, com um centro escuro e esparsos (Figura 5). Apesar dos trabalhos não possuírem muitas parcerias internacionais (apenas um único pesquisador parceiro de Portugal foi identificado), ele é um núcleo coeso de pontos próximos. Estas características informam que apesar dos trabalhos serem realizados por pesquisadores diferentes, existe alguns poucos pesquisadores (provavelmente orientadores), que estão relacionados a vários trabalhos.

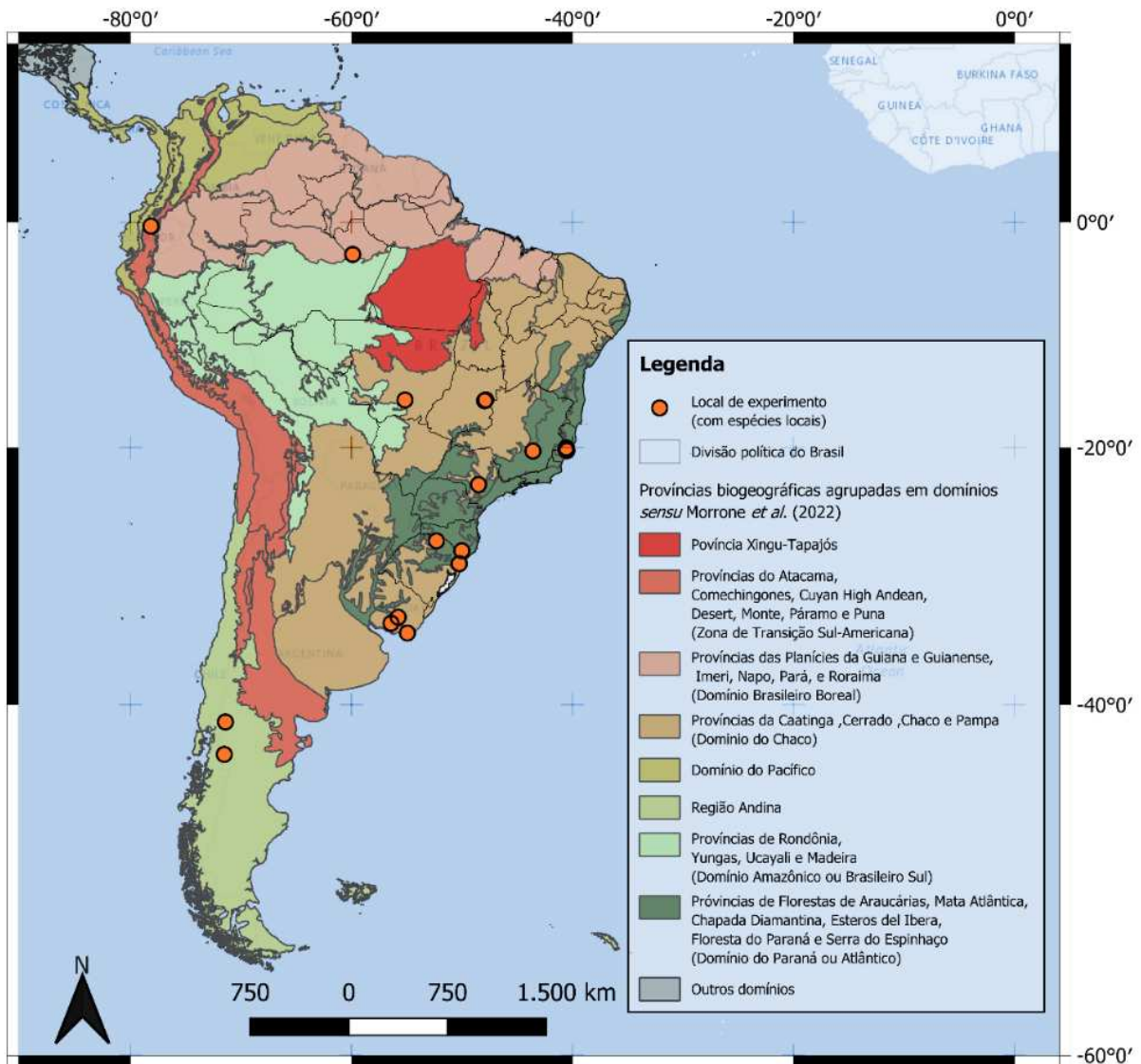
As colaborações científicas nacionais e internacionais dependem de quatro fatores concretos: oportunidade, recursos, transferência de conhecimento e capacidade de pesquisa, como aponta Mazzega e colaboradores (2025). Os pesquisadores envolvidos nos trabalhos no Sul Global demonstram que alguns destes aspectos são cumpridos de alguma forma. Os trabalhos com pesquisadores indianos exemplificam a questão de transferência de conhecimento e os trabalhos no Brasil, a capacidade de pesquisa. Ambos os países estão entre os principais centros de pesquisa do mundo (Mazzega *et al.*, 2025), mas sua colaboração nos dados deste trabalho é menor do que se esperava, o que pode significar uma defasagem nos outros fatores de colaboração mencionados, principalmente em questão de oportunidades e recursos, além da questão cultural apontada.

Analisando a região Neotropical, observa-se uma concentração de estudos em apenas uma de suas subdivisões (Figura 6). Os 15 artigos da região destacam-se por metodologias semelhantes e pesquisadores em colaboração, majoritariamente no Brasil. Não há registros de trabalhos realizados na América Central, embora pesquisas com Trichoptera sejam reconhecidas no continente, especialmente em taxonomia. Assim, optou-se por elaborar o mapa biogeográfico apenas com a porção sul-americana.

Outro aspecto a ser notado é a ausência de experimentos com substratos de mineração na região Neotropical. Considerando eventos recentes de acidentes com mineradoras nessa região (e.g., Rodrigues *et al.*; 2019; Melo *et al.*, 2021; de Andrade Soares *et al.*; 2024), esperava-se uma maior intersecção entre os trabalhos neotropicais e procedimentos com substratos da mineração que o observado.

Considerando os domínios biogeográficos propostos por Morrone *et al.* (2022), que permitem comparar efeitos e padrões entre regiões, nota-se um grande viés de trabalhos no domínio do Paraná, também referido como domínio Atlântico. Mais da metade dos estudos concentra-se nesse domínio, especialmente na Mata Atlântica, provavelmente devido à sua condição de hotspot de diversidade, o que estimula um maior volume de pesquisas. Entretanto, essa predominância não explica totalmente a disparidade observada, uma vez que outros hotspots, como o Cerrado no domínio do Chaco, a região Andina e a Zona de Transição Sul-Americana (Santos *et al.*, 2020; Morrone, 2014), foram menos estudados. Essa distribuição desigual sugere uma desproporcionalidade no financiamento de pesquisas, concentrado no eixo sudeste-

sul do Brasil, ainda que existam especialistas em Trichoptera atuando nesses outros hotspots (Santos *et al.*, 2020).

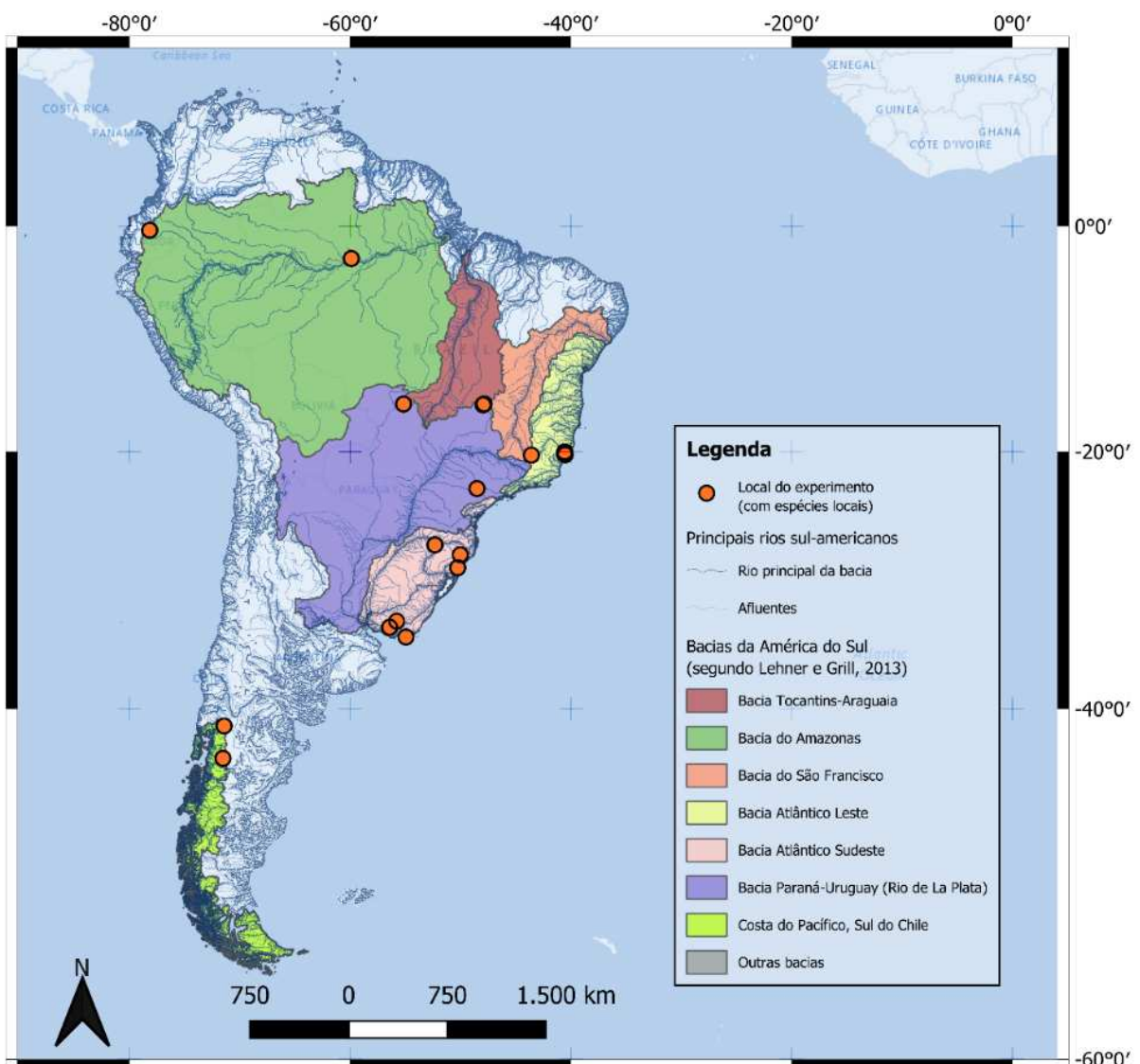


**Figura 6.** Mapa de pontos de realização de experimentos com Trichoptera na Zona Neotropical, dividida em domínios biogeográficos. As espécies usadas são nativas dos locais demarcados.

A escassez de experimentos é particularmente paradoxal em regiões de alta biodiversidade conhecida, como a Amazônia. Este bioma está dividido em vários domínios com regimes hídricos bastante distintos (Morrone et al, 2014), o que pode influenciar os serviços ecológicos desempenhados pelas espécies de Trichoptera em cada ambiente. O caso da Amazônia é emblemático: embora sua fauna de Trichoptera seja relativamente bem descrita, ainda que incompleta segundo as estimativas (Santos *et al.*, 2020), há apenas um único registro experimental, representado por um estudo que comparou um ponto no domínio Brasileiro Boreal com outro no Cerrado (Sena *et al.*, 2020). Vale destacar que esse procedimento metodológico, que utiliza

pontos pareados para analisar espécies de um mesmo gênero, como *Phylloicus* (Calamoceratidae), mostrou-se bastante interessante para gerar resultados relevantes e com amplas implicações.

Quando observamos a distribuição dos trabalhos em relação às bacias de origem das espécies modelo, encontramos um cenário ainda mais fragmentado (Figura 7). A bacia com a maior quantidade de trabalhos é a área do Atlântico Sudeste, que se sobrepõe à Bacia Paraná-Uruguai.



**Figura 7.** Mapa de pontos de realização de experimentos com Trichoptera nas bacias hidrográficas da Zona Neotropical. As espécies usadas são nativas dos locais demarcados.

Uma análise mais detalhada da Bacia do Amazonas, com base nos dois mapas, ilustra por que a observação em escala de bacia é insuficiente para compreender como a diversidade de Trichoptera responde a variáveis de substrato, especialmente em bacias extensas e pouco amostradas. Os dois pontos amostrados pertencem a

províncias biogeográficas distintas, com fatores bióticos e abióticos bem diferentes (Figura 6), e os estudos realizados nesses locais refletem essa heterogeneidade. Apesar de ambos investigarem espécies da ordem Trichoptera em procedimentos *ex situ*, eles abordam questões ecológicas distintas com metodologias não comparáveis.

No ponto a oeste, localizado na sub-bacia do Rio Napo (Equador), Gallegos-Sánchez *et al.* (2024) conduziram um experimento manipulado para testar a plasticidade fisiológica de um tricóptero Limnephilidae do gênero *Anomalocosmoecus* frente ao aumento de temperatura e nutrientes. Já no estudo a jusante, no território brasileiro, Sena *et al.* (2020) investigaram a ecologia comportamental de um tricóptero do gênero *Phylloicus* (Calamoceratidae), analisando sua preferência por quantidade e variedade de folhas na serrapilheira para a construção de abrigos e alimentação.

A relevância de fatores ambientais específicos de cada bacia, como regime hídrico, é destacada pelos próprios resultados de Sena *et al.* (2020). O estudo mostrou que o aumento da quantidade de serrapilheira influenciou negativamente o consumo de folhas por tricópteros no Cerrado (Bacias do Gama e do Cabeça de Veado), sugerindo um maior estímulo ao consumo em condições de escassez. Este padrão observado no bioma Cerrado contrasta fortemente com a preferência por qualidade e variedade de folhas identificada para o mesmo gênero (*Phylloicus*) na Bacia Amazônica. Dessa forma, o trabalho não apenas investiga uma questão diferente do estudo no Napo, mas também demonstra a variabilidade na resposta ecológica de tricópteros de espécies de um mesmo gênero entre diferentes bacias hidrográficas.

Além disso, poucos trabalhos na região focam de fato em Trichoptera e seus aspectos biológicos. Apenas 5 dos 15 trabalhos na Zona Neotropical focam de fato em Trichoptera a ponto de possuir uma discussão focada para o grupo. Destes, apenas dois trabalhos focam nas estruturas construídas por estes insetos, analisando o padrão de escolha de material para os abrigos.

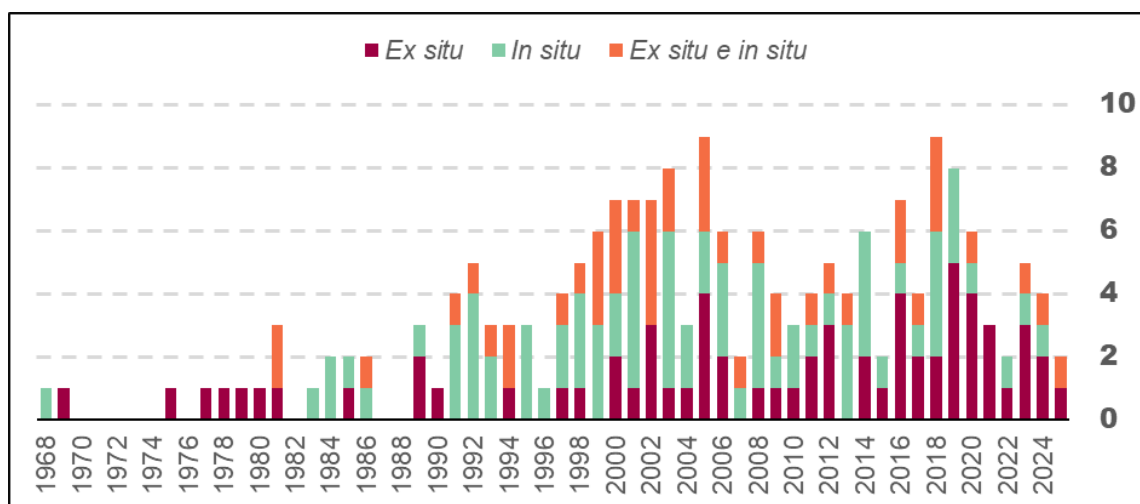
Considerando que a região Neotropical possui várias particularidades, mesmo em um mesmo bioma, trabalhos que exploram a interação física das espécies de Trichoptera com os sedimentos não podem ser generalizados. Mesmo a nível de bacia hidrográfica, as espécies tendem a estabelecer efeitos mais ou menos intensos sobre os substratos dependendo da classe hídrica de cada corpo, com diferentes padrões espaciais e abundância, dependendo desta classe (McAuliffe, 1984, Hart, 1985, Feio *et al.*, 2005, Mason e Sanders, 2021). Ainda, as pressões antrópicas e os efeitos das

mudanças climáticas são problemas que criam outros níveis de complexidade (Mason e Sanders, 2021; Mason *et al.* 2025).

### 3.2. Biodiversidade e condições de estudo

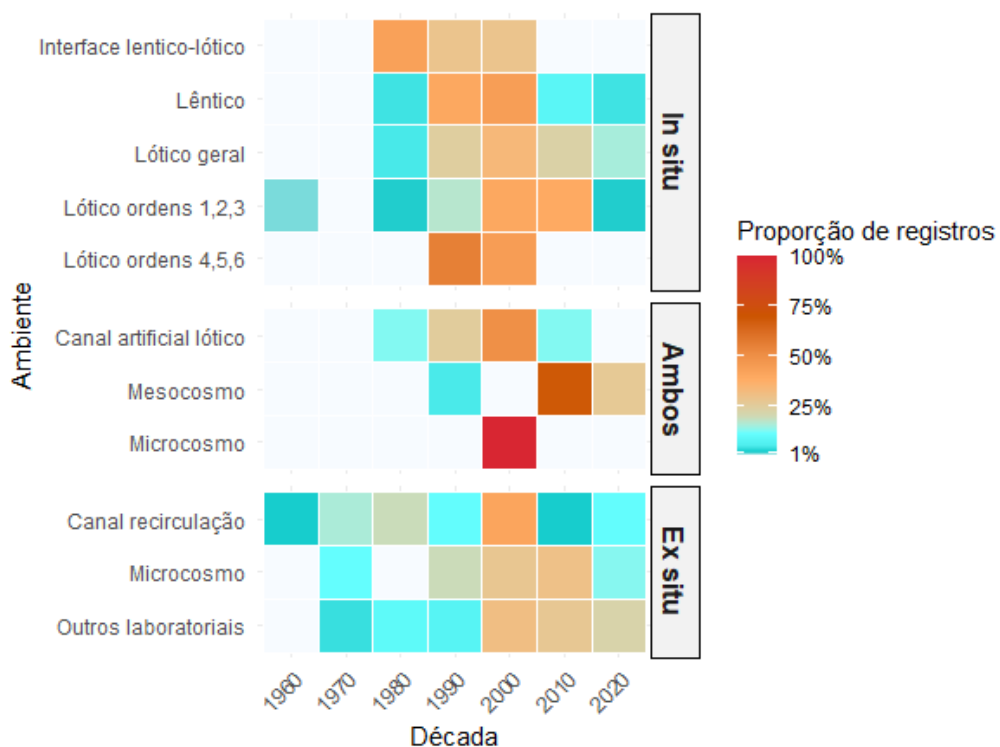
Os experimentos sobre a diversidade de macroinvertebrados bentônicos apresentam proporções semelhantes entre as diferentes condições de estudo. Os procedimentos realizados *in situ*, com 41,5%, são os mais frequentes e possuem o registro mais antigo. Trabalhos conduzidos exclusivamente *ex situ*, com 35,1%, também são comuns. Por outro lado, metodologias mistas, que combinam etapas *in situ* como amostragens e testagem em ambientes contaminados para seleção de grupos modelo com etapas *ex situ* como criações em microcosmos em laboratório, são menos frequentes, representando 23,4%. Estes últimos tornaram-se mais comuns a partir da década de 1990, com um expressivo número de publicações no início dos anos 2000.

Este período, conforme registrado por Samuelsson e Manzatto (2023), marca uma tendência mundial de crescimento no número de estudos com invertebrados aquáticos de água doce. De fato, os dados mostram um aumento no número total de experimentos no final dos anos 1990 e início dos anos 2000, atingindo um ápice em 2005 (Figura 8). Após uma baixa temporária nos anos subsequentes, as publicações retomaram uma trajetória de crescimento a partir de meados da década de 2010. Os anos de 2018 e 2019 destacam-se como os anos consecutivos com o maior volume de trabalhos publicados no período analisado (Figura 8).



**Figura 8.** Linha do tempo das condições de criação dos procedimentos experimentais. O eixo horizontal representa a linha do tempo entre 1968 e 2025 e o eixo vertical representa quantidade de trabalhos publicados no ano.

Nos trabalhos realizados *ex situ*, verifica-se uma grande abundância de tipos de ambiente estudados nos procedimentos experimentais (Figura 9). Estes trabalhos podem ser realizados em canais de recirculação, dentro ou fora de um laboratório, em canais lóticos alóctones de espécies, principalmente canais artificiais de unidades de pesquisa, em mesocosmos ou em microcosmos. Os experimentos em canais de recirculação estiveram presentes desde a década de 1960, atingindo sua maior quantidade de trabalhos na primeira década do século XXI (Figura 9). Microcosmos são outro ambiente de estudo presente desde a década de 1960 até anos recentes na década de 2020 (Figura 9), com maior proporção no fim dos anos 1990 e nos anos 2000. Os mesocosmos, por sua vez, foram realizados em três décadas principais, com maior pico na década de 2010. Foi neste período que a maioria dos estudos utilizou mesocosmos para investigar especificamente os substratos utilizados por Trichoptera. Atualmente, a maioria dos trabalhos é realizada em mesocosmos e em outras configurações laboratoriais.

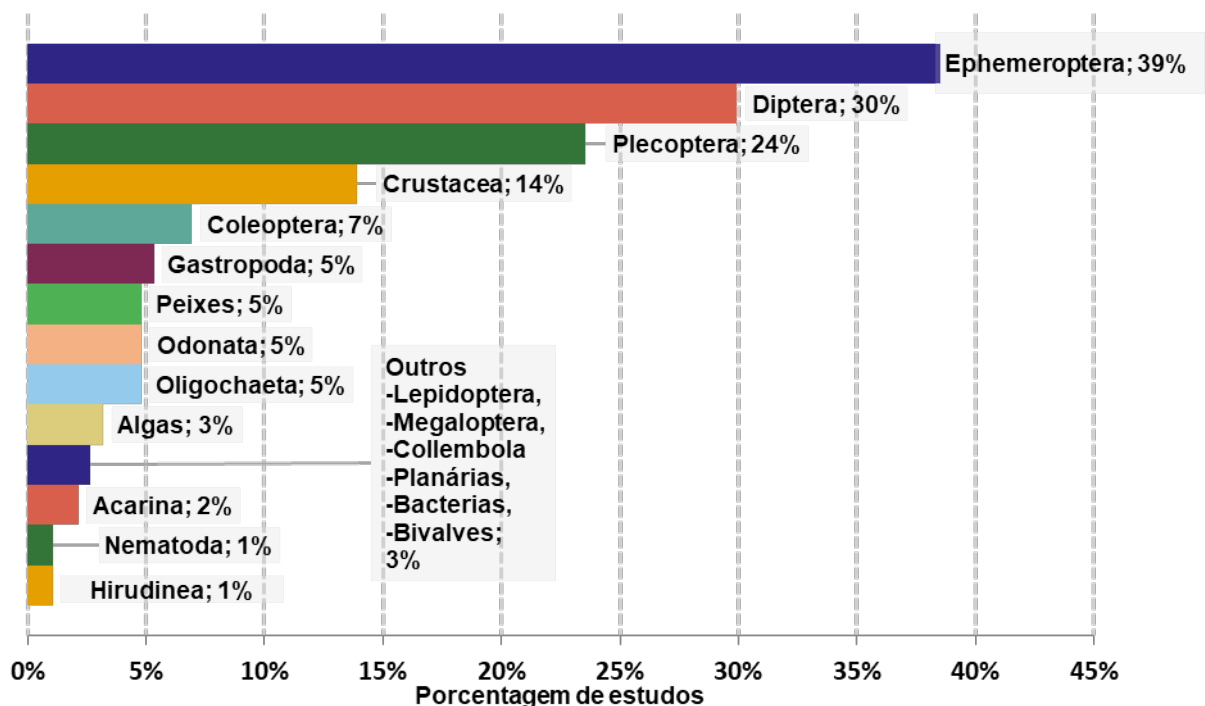


**Figura 9.** Proporção de registros de tipo de ambiente estudados por década de publicação. Os ambientes estão separados por condição de estudo

Experimentos *in situ* são os realizados em ambientes lânticos e lóticos, além dos canais artificiais já mencionados. Em ambientes lânticos, os procedimentos experimentais foram menos realizados do que em ambientes lóticos, apesar de serem conduzidos desde a década de 1980 (Figura 9). A proporção destes trabalhos diminuiu

bastante a partir dos anos 2010. Na interface dos ambientes lântico e lótico, como em saídas de lagos, os trabalhos ficaram restritos às décadas de 1980, 1990 e 2000. Os trabalhos em ambientes lóticos também tiveram uma concentração nos anos 2000, inclusive com uma maior diversidade de ambientes testados. Entretanto, analisando o tipo de ambiente lótico, é possível perceber que a maior proporção de trabalhos em rios de quarta, quinta e sexta ordens foi publicada nos anos 1990, sendo bem restrita aos anos 2000. Já os estudos em ambientes de riachos, córregos e rios de primeira, segunda e terceira ordens foram mais distribuídos ao longo dos anos, estando presentes em trabalhos mais atuais.

Os táxons mais utilizados nos experimentos com Trichoptera foram Ephemeroptera, Diptera e Plecoptera (Figura 10), o que corrobora os grupos EPT e EPTD como principais táxons estudados no contexto experimental, como discutido anteriormente e demonstrado na Figura 3.

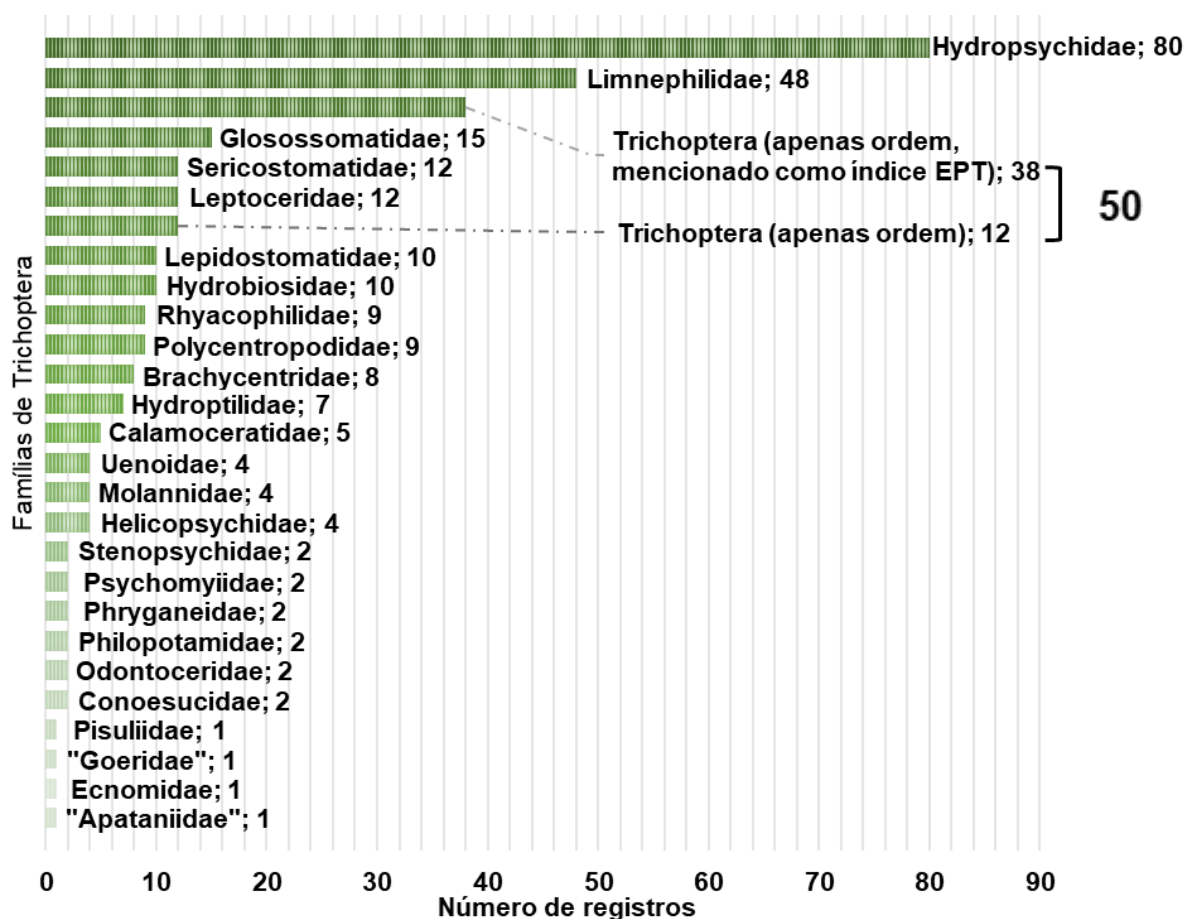


**Figura 10.** Proporção de táxons estudados nos experimentos junto com Trichoptera.

Além dos Trichoptera, outros grupos também demonstraram efeitos significativos na moldagem do espaço físico através dos substratos dentre os estudos de experimentação analisados (Figura 10). Entre eles, destacam-se Ephemeroptera, com processos de biotubarção, bioirrigação e biodifusão (Jacobus *et al.*, 2019; Chakraborty *et al.*, 2022), e Diptera, com representantes que realizam bioturbação, bioirrigação e filtração (Chakraborty *et al.*, 2022). Crustacea também apresenta inúmeros efeitos, incluindo biodifusão e bioturbação (Statzner, 2000; Chakraborty *et al.*, 2022).

*al.*, 2022), enquanto *Oligochaeta* atua principalmente por bioturbação e bioirrigação (Chakraborty *et al.*, 2022).

Em apenas 42% dos estudos os Trichoptera eram o foco principal da investigação, sendo utilizados como o objeto central de análise ou como variável controlada. Dentre a diversidade de táxons de Trichoptera estudados, a família Hydropsychidae destacou-se como o modelo mais utilizado (Figura 11). Essa preferência está provavelmente associada ao seu hábito de construção de redes, à sua ampla distribuição global e à sua elevada abundância em ecossistemas lóticos (Cardinale *et al.*, 2004; Mason e Sanders, 2021). A designação de "engenheiros de ecossistema" está fortemente vinculada a esta família em particular, uma vez que as redes construídas formam micro-habitats que podem aumentar a biomassa de macroinvertebrados durante a colonização do ambiente (Cardinale *et al.*, 2001, 2004; MacDonald *et al.*, 2021).



**Figura 11.** Famílias de Trichoptera usadas em experimentos de interação com substrato. Contagem por quantidade de registros de espécies usadas em cada experimento. Classificação conforme Paprocki e Moreira-Silva (2024). Aspas representam táxons parafiléticos ou polifiléticos.

A segunda família mais frequentemente estudada foi Limnephilidae, com destaque para trabalhos como Westveer *et al.* (2017), De Gispert *et al.* (2018) e Grgić

*et al.* (2023). Este grupo é composto por fragmentadores e raspadores que se alimentam de musgo, folhas e perifíton. É nesta família que a investigação sobre padrões de escolha de substrato é mais aprofundada, abrangendo desde espécies muito a pouco exigentes na escolha dentro da própria família (Westveer *et al.*, 2017) até padrões de construção de abrigos em condições normais ou de estresse (De Gispert *et al.*, 2018). Outro aspecto significativo estudado para o grupo é o consumo de microplásticos. Grgić e colaboradores (2023) demonstraram que, apesar da maior parte dos microplásticos ser eliminada entre os estágios de vida, principalmente entre as fases de larva e pré-pupa, sugerindo que sua presença está efetivamente associada à alimentação via perifíton, uma pequena porcentagem (0,13%) dos microplásticos introduzidos no início do experimento foi identificada em adultos. Vale notar que outras famílias, como Hydropsychidae e Lepidostomatidae, também foram incluídas em estudos similares sobre essa exposição (Ehlers *et al.*, 2020; Fritz *et al.*, 2023).

Contudo, é preciso ressaltar a grande quantidade de trabalhos em que os táxons de Trichoptera que não foram identificados, sendo descritos apenas como parte do índice EPT ou apenas como ordem, totalizando 50 registros sem resolução taxonômica em categorias específicas. Esse número é maior que os registros de espécies da família Limnephilidae.

**Tabela 4.** Proporção de tipos de bioestruturas construídas pelos Trichoptera estudadas nos 187 trabalhos analisados.

<b>Bioestrutura estudada</b>	<b>Porcentagem de trabalhos</b>
<i>Abrigo móvel</i>	13%
<i>Casulo pupal</i>	2%
<i>Abrigo fixo e rede de seda</i>	13%
<i>Nenhuma</i>	72%

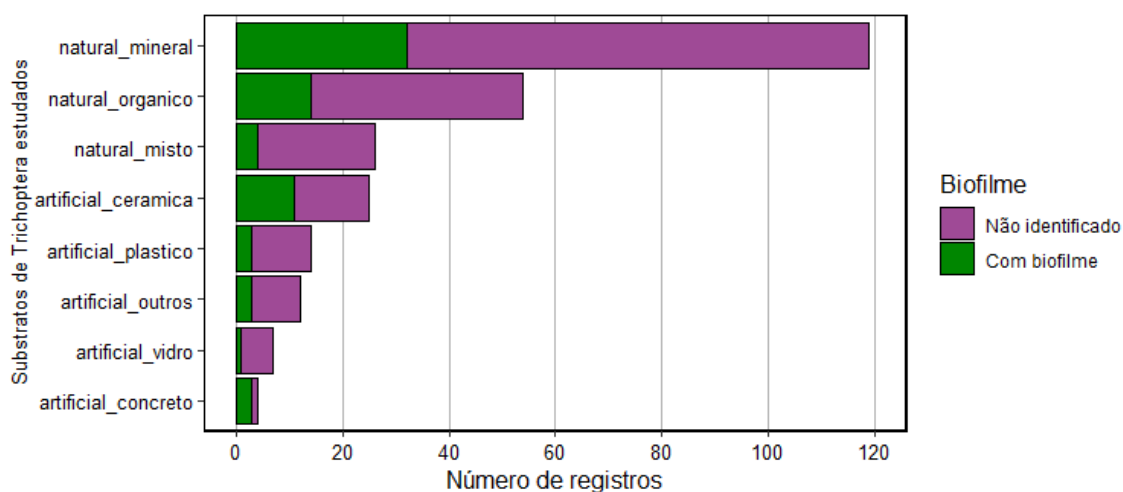
Outro ponto é a proporção de trabalhos que focam nas bioestruturas construídas pelas larvas (Tabela 4). Em apenas 28% dos trabalhos, os abrigos móveis e abrigos fixos são foco dos estudos, com métricas de avaliação e discussão. Destes trabalhos, os abrigos fixos e abrigos móveis aparecem em proporções bem semelhantes (cerca de 13% cada um), sendo o casulo pupal a estrutura menos estudada. É preciso destacar que os trabalhos realizados com os abrigos fixos e redes foram feitos principalmente com a família Hydropsychidae, com alguns trabalhos para

Polycentropodidae e Psycomyiidae. Os trabalhos com os abrigos móveis estudaram principalmente as famílias Limnephilidae, Glososomatidae, Sericostomatidae, Calamoceratidae e Odontoceridae.

Grande parte dos trabalhos não detalha a dieta oferecida aos Trichoptera, não sendo possível analisar as ofertas de fonte de nutrição dos estudos. Entretanto, vale registrar algumas alternativas identificadas. Além dos biofilmes mencionados, também são oferecidas folhas condicionadas em habitats naturais, principalmente em formato de disco recortados para a padronização (Villanueva *et al.*, 2012; Palmia *et al.*, 2019), assim como anelídeos oligochaetas do gênero *Tubifex* e crustáceos do gênero *Artemia* (Georgian e Thorp, 1992; Evans *et al.*, 2002. Westveer *et al.*, 2017).

### 3.3. Substratos e mineração

Os substratos naturais, sejam minerais ou orgânicos, são os mais utilizados nos estudos (Figura 12). Os substratos minerais destacam-se com o dobro de registros em comparação aos orgânicos, sendo majoritariamente empregados como um substrato genérico, por representarem o ambiente natural da maioria das espécies, e como complemento em experimentos que envolvem substratos artificiais.



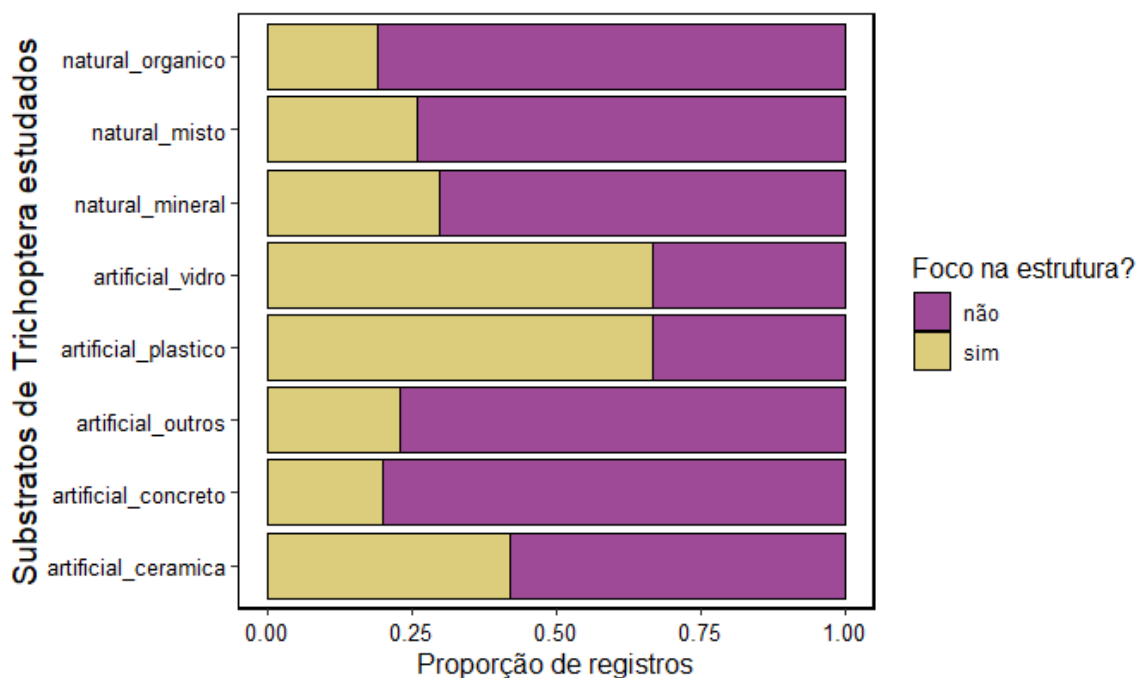
**Figura 12.** Número de registros de tipos de substratos estudados classificados pela presença de biofilme.

Essa preferência pode estar associada está associada a duas vantagens principais. Primeiramente, a fácil amostragem, esterilização e replicação em laboratório de suas características físicas (i. e Kiffer Jr. *et al.*, 2018; Palmia *et al.*, 2019). Em segundo lugar, os substratos minerais e orgânicos servem como superfície de colonização para musgos e outros perifítons (Poff e Ward, 1992; Carvalho e Uieda,

2004). Esses perifítons podem proporcionar benefícios aos macroinvertebrados que vão além da nutrição, incluindo até mesmo proteção imunológica (Wolski *et al.*, 2021), o que pode facilitar a manutenção de espécies em experimentos *ex situ*.

No que se refere aos substratos artificiais, o material mais utilizado é a cerâmica (em formatos de ladrilhos, tijolos ou moída; veja Figura 14). Sua ampla adoção deve-se às propriedades que mimetizam as dos substratos naturais: é porosa, permite fácil aderência de biofilme e é constituída de material natural (argila queimada) (Lamberti e Resh, 2006; Stanaszek-Tomal, 2024). Adicionalmente, apresenta a vantagem prática de oferecer um tamanho padronizável, o que a torna uma alternativa versátil e replicável.

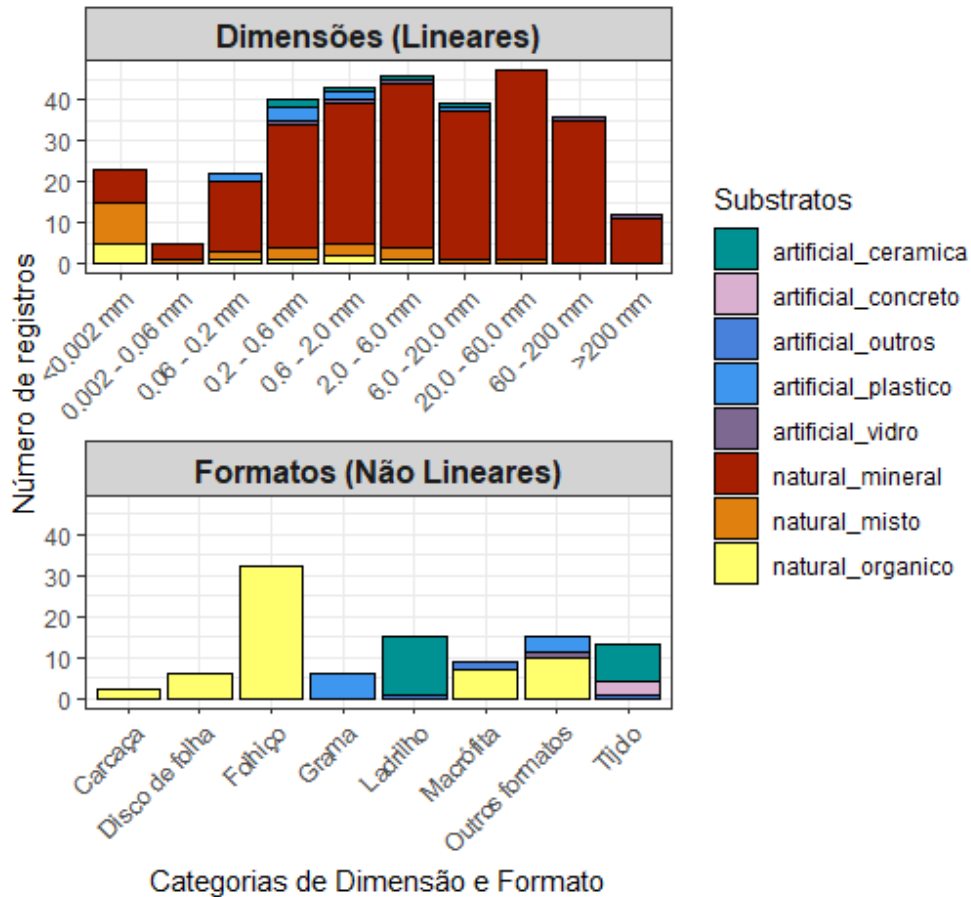
Apesar dos substratos naturais serem os mais utilizados nos estudos, são os artificiais que são proporcionalmente mais utilizados em trabalhos que focam nas bioestrutura confeccionadas pelos Trichoptera (Figura 13).



**Figura 13.** Proporção de trabalhos que tem como foco o estudo das bioestruturas construídas por Trichoptera.

Em relação as classes de granulometria (dimensão) e formatos dos substratos (Figura 14), os grupos classificados com a dimensão de areia (0.06 – 0.2 mm; 0.2 - 0.6 mm; 0.6-2.0 mm) são os mais variáveis em termos de composição, principalmente porque plásticos, vidros, minerais e sedimentos orgânicos e mistos são estudados nesta faixa de granulometria. Apesar disso, os pedregulhos (seixos e cascalhos; 2.0 -

6.0 mm; 6.0 – 20.0 mm; 20.0 – 60.0 mm) que são os substratos mais usados nos trabalhos, representando 24,13% dos trabalhos, e em sua maioria compostos de substratos naturais minerais (Figura 14).

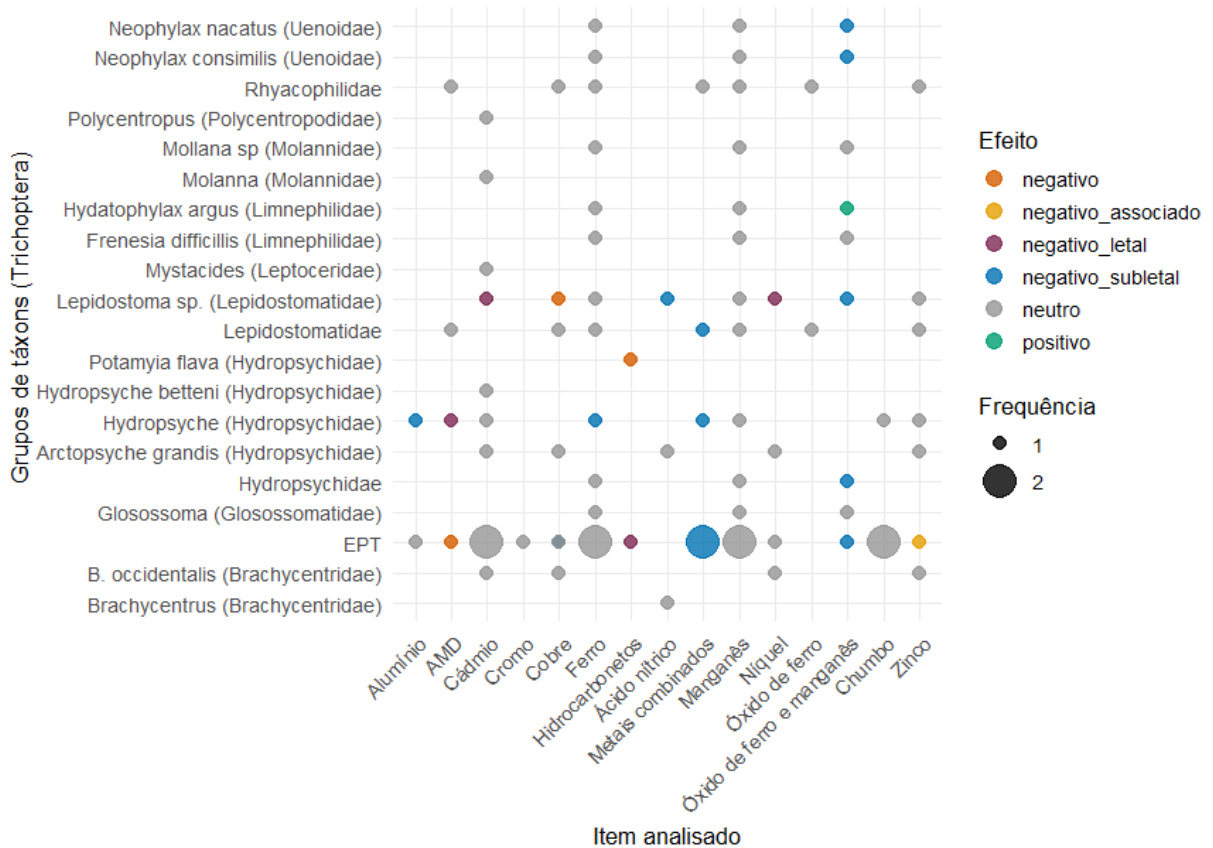


**Figura 14.** Proporção de registros de dimensão dos substratos (conforme Tabela 3) identificados por tipo de substrato (Tabela 2).

Outra observação relevante é que os experimentos com sedimentos finos (<0.06 mm) utilizam substratos minerais (argila ou silte), orgânicos (Matéria Orgânica Particulada Fina – FPOM) e mistos em proporções equivalentes. Considerando que sedimentos finos sem especificação de qualidade foram categorizados como mistos, esta classificação demonstra uma boa aproximação com a realidade metodológica dos estudos analisados. Os efeitos deste tipo de substrato em particular estão entre os mais dramáticos na diversidade de Trichoptera, bem como para outros macroinvertebrados (Angradi, 1999; Mebane, 2001; Matthaei *et al.*, 2006; Orr *et al.*, 2008; Magbanua *et al.*, 2016). No entanto, como registram Wood e colaboradores (2001; 2005), este efeito desencadeia uma variedade de respostas individuais da fauna, mesmo em organismos co-específicos, dependendo do instar das larvas, da dimensão das partículas e da profundidade de soterramento.

Adicionalmente, destaca-se a diversidade de formatos de substratos artificiais empregados. Para além da cerâmica, são notáveis as macrófitas artificiais confeccionadas com seda, fios de níquel e hastes metálicas. Estes materiais são particularmente úteis para investigar interações físicas específicas com comunidades de macroinvertebrados (Suren e Winterbourn, 1992; Gall *et al.*, 2011).

É importante destacar que substratos de mineração (rejeitos particulados, óxidos metálicos e hidrocarbonetos de petróleo), frequentemente categorizados como substratos minerais, podem ter outros tipos de efeito nos invertebrados, já que estes substratos podem estabelecer tanto interações químicas quanto físicas com os organismos. Ao considerar somente os estudos que testaram esses efeitos (Figura 15), fica claro que a maioria dos estudos não encontraram efeitos (neutros) para a maior parte dos táxons estudados. O índice EPT apresentou a maior diversidade de respostas envolvendo desde efeitos neutros a diferentes efeitos negativos (letal, subletal, associado). Isso, entretanto, provavelmente reflete o fato de esse índice agregar múltiplos grupos taxonômicos com diferentes níveis de suscetibilidade.



**Figura 15.** Frequência dos tipos de efeitos para os itens de mineração analisados nos estudos.

Um único táxon, *Hydatophylax argus*, foi registrado com efeito positivo em substratos de óxidos de ferro-manganês. Contudo, esta resposta aparentemente positiva decorreu, na realidade, de um efeito neutro sobre esta espécie em particular combinado com efeitos negativos sobre os demais táxons do ecossistema. Esta dinâmica reduziu a competição por recursos, aumentando indiretamente a abundância de *H. argus* (Wellnitz *et al.*, 1992).

Um efeito particularmente interessante foi o único registro classificado como "associado" na análise, documentado por Moran *et al.* (2017). Esse estudo demonstrou que o efeito negativo de altas concentrações de zinco em grupos do índice EPT estava vinculado a procedimentos de emulsificação de hidrocarbonetos de petróleo *in situ*. O material emulsificante continha um complexo orgânico de zinco como seu ingrediente ativo. Esta interpretação é corroborada pelos efeitos neutros do zinco observados para outros grupos, como espécies de Hydropsychidae e Lepidostomatidae (Figura 15). Adicionalmente, os hidrocarbonetos de petróleo demonstraram fortes efeitos negativos sobre os macroinvertebrados do índice EPT e sobre indivíduos da espécie *Potamyia flava* (Poulton *et al.*, 1998; Moran *et al.*, 2017).

Outro resultado pertinente são os registros de bioacumulação de metais e compostos organoclorados nos tecidos de Trichoptera. Kovatz e Ciborowski (1993) demonstram que adultos refletem fielmente a contaminação dos sedimentos onde as larvas se desenvolvem. Evans *et al.* (2002) encontraram uma taxa de eliminação de cádmio constante em Trichoptera, independente de sua concentração na água. Currie e colaboradores (1991) obtiveram resultados semelhantes analisando as exúvias de macroinvertebrados. Mebane e colaboradores (2020) documentaram um grande acúmulo de zinco, cádmio, cobre e níquel nos tecidos de tricópteros, particularmente em *Brachycentrus occidentalis*. DeNicola e Stapleton (2002) encontraram maiores concentrações de metais em indivíduos mortos. Para o gênero Hydropsychidae, DeNicola e Stapleton (2002) relataram que o trato digestivo continha 34-60% do ferro total corporal. Eles discutem que metais associados à sorção superficial passiva aumentaram as concentrações nos organismos mortos. Essas informações podem ter grandes repercussões na história evolutiva de Trichoptera. Este processo pode atuar como um filtro ambiental, permitindo que a ordem se destaque em ambientes impactados. Além disso, pode ser indicativo de mais um efeito Trichoptera-substrato ainda não explorado.

Conforme estabelecido na Tabela 1, os impactos que aumentaram a mortalidade foram classificados como letais, enquanto alterações comportamentais foram definidas como subletais. Neste contexto, os registros de efeitos subletais (11) superaram a soma dos efeitos negativos genéricos e letais (7). Este resultado indica que os impactos dos materiais de mineração repercutem predominantemente no comportamento dos insetos antes de progredirem para consequências letais. Esse fato revela a grande importância de se avaliar os efeitos dos substratos de mineração nos comportamentos de construção de abrigos e redes pelos Trichoptera, algo que não foi realizado por nenhum dos estudos analisados. Esta lacuna é notável, uma vez que tais comportamentos são fundamentais para a ecologia dos tricópteros e potencialmente sensíveis a perturbações ambientais (Balch *et al.*, 2000)

#### **4. CONCLUSÃO**

Esta revisão observou duas tendências principais nos estudos experimentais com Trichoptera e substratos, com uma terceira abordagem emergente. A primeira linha tem foco em toxicologia ambiental, utilizando os índices EPT e EPT-D como ferramentas de avaliação de impacto. A segunda vertente dedica-se à ecologia comportamental e biologia dos Trichoptera, investigando aspectos da história de vida da ordem. A terceira tendência está relacionada a estudos dos efeitos das secas sobre os aspectos de história de vida de Trichoptera. Esta terceira tendência pode se tornar cada vez mais relevante dada as mudanças climáticas progressivamente ocorrendo no planeta.

Geograficamente, os trabalhos concentram-se na zona temperada, com os Estados Unidos liderando em volume de publicações. A Nova Zelândia emerge como o núcleo de pesquisa mais influente, estabelecendo extensas colaborações internacionais. Na região Neotropical, em foco nesta revisão, os trabalhos ainda são escassos. Há uma ausência crítica de pesquisas para essa região como um todo, com destaque para biomas-chave como a Amazônia e a região Andina, que abrigam enorme diversidade. Apenas um terço dos poucos trabalhos na região focam efetivamente na biologia da ordem, com investigações sobre as bioestruturas sendo ainda mais raras. Esta lacuna é particularmente preocupante, uma vez que a construção de abrigos, casulos e redes é fundamental para a história de vida desses organismos.

Metodologicamente, predominam os procedimentos *in situ* em ambientes lóticos de baixa ordem. A partir da década de 2010, observa-se uma transição para experimentos em mesocosmos e condições laboratoriais mais controladas. As famílias Hydropsychidae e Limnephilidae destacam-se como modelos de estudo preferenciais, representando construtores de retiros de redes e abrigos móveis, respectivamente. Paradoxalmente, quase três quartos dos trabalhos não consideram os efeitos dessas estruturas e o seu papel ecológico nas investigações. Outro aspecto ainda pouco explorado nas pesquisas são as dietas e detalhamento de métodos de criação dos insetos em laboratório, com raras descrições de dietas.

A lacuna de conhecimento sobre o papel das estruturas torna-se ainda mais evidente ao analisar os estudos com substratos de mineração. Nenhum deles investigou como esses contaminantes afetam a construção ou a funcionalidade das bioestruturas. Os efeitos registrados nos organismos são majoritariamente neutros ou negativos subletais, com comprovadas alterações comportamentais naqueles expostos. Esta lacuna metodológica representa uma oportunidade crucial para pesquisas futuras, que devem integrar a ecologia comportamental à ecotoxicologia.

A bioacumulação de metais registrada na literatura também é um outro aspecto não tão bem esclarecido, em termos de mecanismos fisiológicos. Apesar de ser amplamente relatado em trabalhos de biomonitoramento, os processos envolvidos ainda estão em discussão, principalmente por um amplo efeito entre os grupos de Trichoptera. No entanto, os registros podem indicar filtros ambientais muito pertinentes para história evolutiva de Trichoptera e para a cadeia trófica dos ecossistemas onde este inseto vive.

Diante dessas lacunas, pesquisas futuras devem integrar a análise de bioestruturas aos testes com substratos contaminados. Compreender aspectos da interação física de Trichoptera é fundamental para aprimorar a avaliação de risco ambiental e desenvolver estratégias de bioremediação mais eficazes em ecossistemas aquáticos degradados.

## REFERÊNCIAS

- ALBERTSON, Lindsey K.; DANIELS, Melinda D. Resilience of aquatic net-spinning caddisfly silk structures to common global stressors. **Freshwater Biology**, v. 61, n. 5, p. 670-679, maio 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fwb.12737>
- ALLEN, Joey *et al.* Could landscape ecology principles apply at the microscale? A metabarcoding approach on Trichoptera larvae-associated microbial diversity. **Science of the Total Environment**, v. 955, p. 177304, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177304> .
- ÁLVAREZ, Maruxa; PECKARSKY, Barbara L. How do grazers affect periphyton heterogeneity in streams? **Oecologia**, v. 142, n. 4, p. 576-587, fev. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1759-0> .
- ANGRADI, Ted R. Fine sediment and macroinvertebrate assemblages in Appalachian streams: A field experiment with biomonitoring applications. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 18, n. 1, p. 49-66, mar. 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1468008> .
- ASHTON, Nicholas N.; TAGGART, Daniel S.; STEWART, Russell J. Silk tape nanostructure and silk gland anatomy of trichoptera. **Biopolymers**, v. 97, n. 6, p. 432–445, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bip.21720>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995. 18 p.
- BALCH, Gordon *et al.* Weight loss and net abnormalities of *Hydropsyche betteni* (caddisfly) larvae exposed to aqueous zinc. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 19, n. 12, p. 3036-3043, dez. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.5620191225> .
- BASTIAN, Mikis; BOYERO, Luz; JACKES, Betsy R.; *et al.* Leaf litter diversity and shredder preferences in an Australian tropical rain-forest stream. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, n. 2, p. 219–229, 2007. Disponível em: [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0266467406003920/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0266467406003920/type/journal_article). Acesso em: 6 set. 2025.
- BEERMANN, Arne J. *et al.* Multiple-stressor effects on stream macroinvertebrate communities: A mesocosm experiment manipulating salinity, fine sediment and flow velocity. **Science of the Total Environment**, v. 610-611, p. 961-971, 1 jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.084> .
- BRYCE, Sandra A.; LOMNICKY, Gregg A.; KAUFMANN, Philip R. Protecting sediment-sensitive aquatic species in mountain streams through the application of biologically based streambed sediment criteria. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 29, n. 2, p. 657-672, 2010.
- CADMUS, Pete *et al.* The use of field and mesocosm experiments to quantify effects of physical and chemical stressors in mining-contaminated streams. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 14, p. 7825-7833, jul. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01911> .

- CAMPOS, Diana *et al.* Effects of the organic UV-filter, 3-(4-methylbenzylidene) camphor, on benthic invertebrates and ecosystem function in artificial streams. **Environmental Pollution**, v. 260, p. 113981, maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.113981> .
- CARDINALE, Bradley J.; SMITH, Christopher M.; PALMER, Margaret A. The influence of initial colonization by hydropsychid caddisfly larvae on the development of stream invertebrate assemblages. **Hydrobiologia**, v. 455, n. 1-3, p. 19-27, jul. 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011917900068> .
- CARDINALE, B. J.; GELMANN, E. R.; PALMER, M. A. Net spinning caddisflies as stream ecosystem engineers: the influence of *Hydropsyche* on benthic substrate stability. **Functional Ecology**, v. 18, n. 3, p. 381-387, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00865.x>
- CARVALHO, E. M. ; UIEDA, V. S.. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 287-293, jun. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-81752004000200021> .
- CORPORATION FOR DIGITAL SCHOLARSHIP. **Zotero**. Versão 7.0.24. Vienna, VA, 2025. Disponível em: <https://www.zotero.org/>. Acesso em: 7 out. 2025.
- CURRIE, Robert S.; FAIRCHILD, Wayne L.; MUIR, Derek C. G. Remobilization and export of cadmium from lake sediments by emerging insects. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 11, p. 2333-2338, nov. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.5620161119>.
- CUSTER, Kevin W. *et al.* Macroinvertebrate responses to nickel in multisystem exposures. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 35, n. 1, p. 101-114, jul. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.3157>.
- CHAKRABORTY, Anupam; SAHA, Goutam K.; ADITYA, Gautam. Macroinvertebrates as engineers for bioturbation in freshwater ecosystem. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 43, p. 64447-64468, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22030-y> .
- DAVIS, Stephen J. *et al.* Chronic nutrient inputs affect stream macroinvertebrate communities more than acute inputs: an experiment manipulating phosphorus, nitrogen and sediment. **Science of the Total Environment**, v. 683, p. 9-20, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.031> .
- DE ANDRADE SOARES, Helena Maura *et al.* Mining tailings alter insects: revealing fluctuating asymmetry in the caddisfly *Smicridea coronata*. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, n. 6, p. 531, 10 maio 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12715-x> .
- DE GISPERT, Quim; ALFENAS, Guilherme; BONADA, Núria. Grain size selection in case building by the mountain cased-caddisfly species *Potamophylax latipennis* (Curtis, 1834): a trade-off between building time and energetic costs. **Limnetica**, v. 37, n. 1, p. 33-45, 29 jan. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.23818/limn.37.04> .

- DE MOOR, F. C.; IVANOV, V. D. Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 393–407, 2008. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10750-007-9113-2>>. Acesso em: 26 set. 2025.
- DENICOLA, Dean M.; STAPLETON, Michael G. Impact of acid mine drainage on benthic communities in streams: the relative roles of substratum vs. aqueous effects. **Environmental Pollution**, v. 119, n. 3, p. 303-315, out. 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00106-9](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00106-9) .
- DULLER, R. A. *et al.* From grain size to tectonics. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 115, F03022, 2010. DOI: 10.1029/2009JF001495. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2009JF001495> .
- EHLERS, Sonja M. *et al.* PVC and PET microplastics in caddisfly (*Lepidostoma basale*) cases reduce case stability. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 18, p. 22380-22389, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08790-5> .
- ELBRECHT, Vasco *et al.* Multiple-stressor effects on stream invertebrates: a mesocosm experiment manipulating nutrients, fine sediment and flow velocity. **Freshwater Biology**, v. 61, n. 4, p. 362-375, abr. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fwb.12713> .
- ELLIOTT, J. M. The life histories and drifting of Trichoptera in a Dartmoor stream. **Journal of Animal Ecology**, v. 37, n. 3, p. 615-625, out. 1968. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3078>
- EVANS, R. D. *et al.* Simultaneous measurement of uptake and elimination of cadmium by caddisfly (Trichoptera: Hydropsychidae) larvae using stable isotope tracers. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 21, n. 5, p. 1032-1039, maio 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/etc.5620210520> .
- FEIO, Maria J. *et al.* The role of the environment in the distribution and composition of Trichoptera assemblages in streams. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 164, n. 4, p. 493-512, dez. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2005/0164-0493> .
- FEMINELLA, Jack W.; POWER, Mary E.; RESH, Vincent H. Periphyton responses to invertebrate grazing and riparian canopy in three northern California coastal streams. **Freshwater Biology**, v. 22, n. 3, p. 445-457, dez. 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1989.tb01117.x> .
- FRITZ, Samuel F. *et al.* Macroinvertebrate ecosystem engineering affects streambed retention of microplastics. **Freshwater Science**, v. 42, n. 2, p. 133-145, 1 jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/724584> .
- GALL, Brian B.; HOPKINS, Gareth R.; BRODIE, Edmund D. Mechanics and ecological role of swimming behavior in the caddisfly larvae *Triaenodes tardus*. **Journal of Insect Behavior**, v. 24, n. 4, p. 317-328, jul. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10905-011-9260-1> .

- GALLEGOS-SÁNCHEZ, Silvana *et al.* An experimental approach to test the effect of temperature increase and nutrient enrichment on Andean aquatic insects. **Aquatic Sciences**, v. 86, n. 2, p. 43, abr. 2024.
- GEORGIAN, Ted; THORP, James H. Effects of microhabitat selection on feeding rates of net-spinning caddisfly larvae. **Ecology**, v. 73, n. 1, p. 229-240, fev. 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1938734> .
- GOMES, Paulo Geovani Silva *et al.* Does land use and land cover affect adult communities of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT)? A systematic review with meta-analysis. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 10, p. 697, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10352-w>
- GRAÇA, Manuel A. S. *et al.* Top-down and bottom-up control of epilithic periphyton in a tropical stream. **Freshwater Science**, v. 37, n. 4, p. 857-869, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/700886> .
- GRGIĆ, Ivana *et al.* Fate and effects of microplastics in combination with pharmaceuticals and endocrine disruptors in freshwaters: Insights from a microcosm experiment. **Science of the Total Environment**, v. 859, p. 160387, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160387> .
- GRIMALDI, David; ENGEL, Michael S. **Evolution of the Insects**. [s.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/universitypress/subjects/life-sciences/entomology/evolution-insects>>.
- HART, David D. Causes and consequences of territoriality in a grazing stream insect. **Ecology**, v. 66, n. 2, p. 404-414, abr. 1985. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1940390> .
- HILDREW, Alan G.; TOWNSEND, Colin R. The influence of substrate on the functional response of *Plectrocnemia conspersa* (Curtis) larvae (Trichoptera: Polycentropodidae). **Oecologia**, v. 31, n. 1, p. 21-26, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00348705> .
- HOLZENTHAL, Ralph W.; PRATHER, Aysha L.; KJER, Karl M. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. **Zootaxa**, v. 1668, p. 639–698, 2007. Disponível em: [https://www.academia.edu/download/41790107/Order\\_Trichoptera\\_Kirby\\_1813\\_Insecta\\_C20160130-1311-14tgdac.pdf](https://www.academia.edu/download/41790107/Order_Trichoptera_Kirby_1813_Insecta_C20160130-1311-14tgdac.pdf). Acesso em: 8 set. 2025.
- IMHOF, J. G. A.; HARRISON, A. D. Survival of *Diplectrona modesta* Banks (Trichoptera: Hydropsychidae) during short periods of desiccation. **Hydrobiologia**, v. 77, n. 1, p. 61-63, 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00006388>
- JACOBUS, Luke M.; MACADAM, Craig R.; SARTORI, Michel. Mayflies (Ephemeroptera) and their contributions to ecosystem services. **Insects**, v. 10, n. 6, p. 170, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4450/10/6/170>
- JARA, Fabián G. Breeding out of water: life history adaptations of endemic Andean-Patagonian caddisflies in temporary wetlands. **Canadian Journal of Zoology**,

v. 103, p. 1-13, jan. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjz-2024-0125>

- KOTALIK, Christopher J.; CADMUS, Pete; CLEMENTS, William H. Before-after control-impact field surveys and novel experimental approaches provide valuable insights for characterizing stream recovery from acid mine drainage. **Science of the Total Environment**, v. 771, p. 145419, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145419>
- KIFFER JÚNIOR, Wallace P. *et al.* Do changes in riparian zones affect periphyton growth and invertebrate colonization on rocky substrates in Atlantic Forest streams? **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 108, e2018014, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2018014> .
- KILLE, Richard; ZIMBA, Jacob. A river 'died' overnight in Zambia after an acidic waste spill at a Chinese-owned mine. **AP News**, 15 mar. 2025. Disponível em: <https://apnews.com/> . Acesso em: 10 out 2025.
- LAMBERTI, Gary A.; RESH, Vincent H. Stream periphyton and insect herbivores: an experimental study of grazing by a caddisfly population. **Ecology**, v. 64, n. 5, p. 1124-1135, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1937823> .
- LEBERFINGER, Karolina; BOHMAN, Irene; HERRMANN, Jan. Drought impact on stream detritivores: experimental effects on leaf litter breakdown and life cycles. **Hydrobiologia**, v. 652, n. 1, p. 247-254, set. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0337-1>
- LEHNER, B.; GRILL, G. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. **Hydrological Processes**, v. 27, n. 15, p. 2171-2186, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.9740>
- MACDONALD, Michael J.; ALBERTSON, Lindsey K.; POOLE, Geoffrey C. Ecosystem engineering in the streambed: Net-spinning caddisflies influence hydraulic properties. **Ecohydrology**, v. 14, n. 2, p. e2266, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/eco.2266>>. Acesso em: 6 set. 2025.
- MAGBANUA, Francis S. *et al.* Individual and combined effects of fine sediment and glyphosate herbicide on invertebrate drift and insect emergence: a stream mesocosm experiment. **Freshwater Science**, v. 35, n. 1, p. 139-151, mar. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/684363> .
- MASESE, Frank O. *et al.* Litter processing and shredder distribution as indicators of riparian and catchment influences on ecological health of tropical streams. **Ecological Indicators**, v. 46, p. 23-37, nov. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.05.032> ..
- MASON, Richard J.; SANDERS, Harry. Invertebrate zoogeomorphology: A review and conceptual framework for rivers. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 8, n. 5, 2021.
- MATTHAEI, Christoph D. *et al.* Impacts of fine sediment addition to tussock, pasture, dairy and deer farming streams in New Zealand. **Freshwater Biology**, v. 51,

n. 11, p. 2154-2172, nov. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01643.x>.

MAZZEGA, Pierre; RUGMINI, Devi M.; BARROS-PLATIAU, Ana Flávia. Where is the "global south" located in scientific research? **Earth System Governance**, v. 25, p. 100269, ago. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esg.2025.100269> .

MCAULIFFE, Joseph R. Competition for space, disturbance, and the structure of a benthic stream community. **Ecology**, v. 65, n. 3, p. 894-908, jun. 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1938063> .

MEBANE, Christopher A. Testing bioassessment metrics: macroinvertebrate, sculpin, and salmonid responses to stream habitat, sediment, and metals. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 67, n. 3, p. 293-322, mar. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1006306013724>

MELO, Letícia Dimas de *et al.* O rompimento do mineroduto em Santo Antônio do Grama/MG: impactos socioambientais na perspectiva da mídia nacional. Research, **Society and Development**, v. 10, n. 16, p. e529101623930, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23930>

MENEGAT, Mariana Nunes; RESTELLO, Rozane Maria; MILESI, Silvia Vendruscolo; *et al.* Which is more important for stream caddisfly colonization: Substrate heterogeneity or food resources? **Ecohydrology & Hydrobiology**, p. 100657, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359325000370>. Acesso em: 7 set. 2025.

MERRITT, Richard W.; WALLACE, J. Bruce. Aquatic habitats. In: RESH, Vincent H.; CARDÉ, Ring T. (Ed.). **Encyclopedia of insects**. 2. ed. [S.l.]: Elsevier, 2009. p. 38-48. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123741448000126> .

MILLER, Scott W. *et al.* Macroinvertebrate oviposition habitat selectivity and egg-mass desiccation tolerances: Implications for population dynamics in large regulated rivers. **Freshwater Science**, v. 39, n. 3, p. 584-599, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/710237>

MORAN, P. W. *et al.* Influence of sediment chemistry and sediment toxicity on macroinvertebrate communities across 99 wadable streams of the Midwestern USA. **Science of the Total Environment**, v. 599-600, p. 1469-1478, dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.035>

MORRONE, Juan J. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. **Zootaxa**, v. 3782, n. 1, p. 1–110, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>

MORRONE, Juan J.; ESCALANTE, Tania; RODRÍGUEZ-TAPIA, Gerardo; *et al.* Biogeographic regionalization of the Neotropical region: New map and shapefile. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, p. e20211167, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/hPft4CK6RV8QBr8nP7bxhRQ/?format=html&lang=en>. Acesso em: 28 set. 2025.

- MORSE, John C. *et al.* Diversity and ecosystem services of Trichoptera. *Insects*, v. 10, n. 5, p. 125, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects10050125>
- MWEDZI, Tongayi; BERE, Taurai; MANGADZE, Tinotenda. Macroinvertebrate assemblages in agricultural, mining, and urban tropical streams: implications for conservation and management. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 11, p. 11181-11192, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6340-y>
- NATSUMEDA, Takaharu; IGUCHI, Kei'ichiro. Habitat-specific effects of interstitial space between stream substrate particles on the colonization of aquatic organisms. **International Aquatic Research**, v. 11, n. 4, p. 347-358, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40071-019-00243-1>
- OLSSON, T. I. Overwintering of benthic macroinvertebrates in ice and frozen sediment in a North Swedish river. **Ecography**, v. 4, n. 3, p. 161-166, set. 1981. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1981.tb00993.x>
- ORR, Cailin H.; KROISS, Steve J.; ROGERS, Kristy L.; *et al.* Downstream benthic responses to small dam removal in a coldwater stream. **River Research and Applications**, v. 24, n. 6, p. 804–822, 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.1084>
- PALMIA, Beatrice *et al.* Effects of drying and re-wetting on litter decomposition and nutrient recycling: a manipulative experiment. **Water**, v. 11, n. 4, p. 708, abr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11040708>
- PALMQUIST, Katherine R.; JEPSON, Paul C.; JENKINS, Jeffrey J. Impact of aquatic insect life stage and emergence strategy on sensitivity to esfenvalerate exposure. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 27, n. 8, p. 1728-1734, 1 ago. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1897/07-499.1>
- PAPROCKI, Henrique; MOREIRA-SILVA, Larissa. Capítulo 32: Trichoptera Kirby, 1813. In: RAFAEL, José Albertino *et al.* (Org.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. Manaus: Editora INPA, 2024. p. 345-358. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/40223>
- PAREY, Sajad H. *et al.* Trichoptera of India. **Indian Journal of Entomology**, [s.l.], 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55446/IJE.2024.2573>
- PARRELLA, Michael P. Wading Midstream: A Cultural Study of Fly Fishing in North American Literature - ProQuest. **American Entomologist**, v. 59, n. 1, p. 15–27, 2013. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/40c1a1a21d27bebfd1b1ba387270874f/1?cbl=44156&pq-origsite=gscholar>. Acesso em: 22 set. 2025.
- POFF, N. LeRoy; WARD, J. V. Heterogeneous currents and algal resources mediate in situ foraging activity of a mobile stream grazer. **Oikos**, v. 65, n. 3, p. 465-478, dez. 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/3545564>
- POULTON, B. C. *et al.* Effects of an oil spill on leafpack-inhabiting macroinvertebrates in the Chariton river, Missouri. **Environmental Pollution**, v. 99, n. 1, p. 115-122, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00160-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00160-7)

- QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Versão 3.40.11 "Bratislava". [S.l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://www.qgis.org> . Acesso em: 22 set. 2025.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Versão 4.4.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01 out 2025.
- REIS, R. E.; ALBERT, J. S.; DI DARIO, F.; MINCARONE, M. M.; PETRY, P.; ROCHA, L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfb.13016>
- RODRIGUES, Jondison Cardoso; HAZEU, Marcel Theodoor; NASCIMENTO, Sabrina Mesquita do. Como se produz desastres?: o processo de licenciamento da barragem de rejeitos da hydro alunorte, em barcarena, Pará. **Nucleus**, v. 16, n. 2, p. 151-170, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3738/1982.2278.3590>
- SAMUELSSON, Evelin; MANZATTO, Angelo Gilberto. Análise cientométrica de pesquisa mundial sobre macroinvertebrados aquáticos no banco de dados da Web of Science entre 1947 e 2022. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. 273–293, 2023.
- SANTOS, Allan P. M. *et al.* Taxonomic catalog of the Brazilian fauna: order Trichoptera (Insecta), diversity and distribution. **Zoologia**, Curitiba, v. 37, p. e46392, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/zoologia.37.e46392>
- SANTOS, A. P. M.; CALOR, A. R.; CAMARGOS, L. M.; ; *et al.* Trichoptera in: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/278>.
- SASAKI, Matthew; ISANTA-NAVARRO, Jana; GOVAERT, Lynn. Experimental ecology and the balance between realism and feasibility in aquatic ecosystems. **Nature Communications**, v. 16, n. 1, p. 5142, 2025. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41467-025-60470-5>>. Acesso em: 7 set. 2025.
- SCHMIDT-KLOIBER, Astrid *et al.* Aquatic biodiversity in Europe: a unique dataset on the distribution of Trichoptera species with important implications for conservation. **Hydrobiologia**, [s.l.], v. 797, n. 1, p. 1-13, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3116-4> .
- SENA, G.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; MARTINS, R. T.; MOREIRA, M. P.; REZENDE, R. S. Leaf litter quality drives the feeding by invertebrate shredders in tropical streams. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 16, p. 8563–8570, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ece3.6169>
- SERPA, Karoline Victor *et al.* Niche breadth of invertebrate shredders in tropical forest streams: which taxa have restricted habitat preferences? **Hydrobiologia**, v. 847, n. 7, p. 1739-1752, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04149-1>

- SPRINGER, Monika. Aquatic insect diversity of Costa Rica: state of knowledge. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 56, n. 4, p. 273-295, dez. 2008. Disponível em: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/27232>.
- STANASZEK-TOMAL, Elżbieta. Microorganisms in red ceramic building materials: a review. **Coatings**, [s.l.], v. 14, n. 8, p. 985, ago. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/coatings14080985>
- STATZNER, Bernhard *et al.* Crayfish as geomorphic agents and ecosystem engineers: biological behavior affects sand and gravel erosion in experimental streams. **Limnology and Oceanography**, v. 45, n. 5, p. 1030-1040, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.5.1030>
- STRACHAN, Scott R.; CHESTER, Edwin T.; ROBSON, Belinda J. Freshwater invertebrate life history strategies for surviving desiccation. **Springer Science Reviews**, v. 3, n. 1, p. 57-75, 1 jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40362-015-0031-9>
- SUREN, Alastair M.; WINTERBOURN, Michael J. The influence of periphyton, detritus and shelter on invertebrate colonization of aquatic bryophytes. **Freshwater Biology**, v. 27, n. 3, p. 327-339, jun. 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1992.tb00543.x> .
- TANK, Jennifer L. *et al.* A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 29, n. 1, p. 118-146, 2010.
- THOMAS, Jessica A.; FRANDBSEN, Paul B.; PRENDINI, Elizabeth; *et al.* A multigene phylogeny and timeline for Trichoptera (Insecta). **Systematic Entomology**, v. 45, n. 3, p. 670–686, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/syen.12422>>. Acesso em: 28 set. 2025.
- VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. **VOSviewer**. Versão 1.6.20. [S.l.]: Centre for Science and Technology Studies, Universidade de Leiden, 2024. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/> . Acesso em: 26 set. 2025
- VILLANUEVA, V. D.; ALBARIÑO, R.; CANHOTO, C. Positive effect of shredders on microbial biomass and decomposition in stream microcosms. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 12, p. 2504-2513, dez. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/fwb.12023>
- WALTON, O. Eugene. Substrate attachment by drifting aquatic insect larvae. **Ecology**, v. 59, n. 5, p. 1023-1030, ago. 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1938554>
- WANG, Jun; DING, Chengzhi; HEINO, Jani; *et al.* What explains the variation in dam impacts on riverine macroinvertebrates? A global quantitative synthesis. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 12, p. 124028, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc4fc>
- WANTZEN, K. M. *et al.* Leaf litter addition experiments in riparian ponds with different connectivity to a Cerrado stream in Mato Grosso, Brazil. **Amazoniana**, v. 18, n. 3-4, p. 387-396, 2005. Disponível em:

- <https://www.scopus.com/pages/publications/33645800793?inward> . Acesso em: 8 nov. 2025.
- WELLNITZ, T. A.; GRIEF, K. A.; SHELDON, S. P. Response of macroinvertebrates to blooms of iron-depositing bacteria. **Hydrobiologia**, v. 281, n. 1, p. 1-17, 1 abr. 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF0000655> .
- WESTVEER, J.J.; VERDONSCHOT, P.F.M.; VERDONSCHOT, R.C.M. Substrate homogenization affects survival and fitness in the lowland stream caddisflies *Micropterna sequax* and *Potamophylax rotundipennis*: A mesocosm experiment. **Freshwater Science**, v. 36, n. 3, p. 585–594, 2017. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85027401320&doi=10.1086%2f692940&partnerID=40&md5=ede9c382198ce9e0be1d1372eba8c74f>>. Acesso em: 8 nov. 2025.
- WICKSON, S.; CHESTER, E. T.; ROBSON, B. J. Aestivation provides flexible mechanisms for survival of stream drying in a larval trichopteran (Leptoceridae). **Marine and Freshwater Research**, v. 63, n. 9, p. 821-826, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/MF12095> .
- WOLSKI, Grzegorz J. *et al.* Cytotoxicity, antimicrobial and antioxidant activities of mosses obtained from open habitats. **PLOS One**, v. 16, n. 9, p. e0257479, 20 set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257479>
- WOOD, P. J.; VANN, A. R.; WANLESS, P. J. The response of *Melampophylax mucoreus* (Hagen) (Trichoptera: Limnephilidae) to rapid sedimentation. **Hydrobiologia**, v. 455, n. 1-3, p. 183-188, jul. 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1011985403744>
- WOOD, P. J. *et al.* The response of four lotic macroinvertebrate taxa to burial by sediments. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 163, n. 2, p. 145-162, jun. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2005/0163-0145> . Acesso em: 8 nov. 2025.
- YANG, Lian-fang; SUN, Chang-hai; MORSE, John C. An amended checklist of the caddisflies of China (Insecta, Trichoptera). **Zoosymposia**, v. 10, p. 451-479, 9 ago. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.10.1.42>