

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

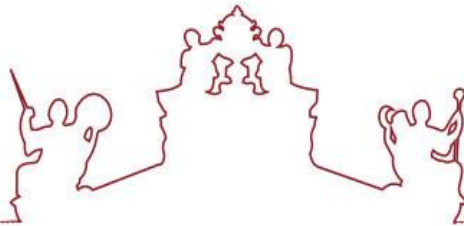
Dissertação

**Protocolo de Amostragem de Macroinvertebrados Bentónicos:
Adaptação à realidade de rios rasos brasileiros**

Nícolás Carvalho de Almeida Costa

Orientador (es) | Maria Manuela Queiroz Montero Morais

Évora 2020



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Biologia da Conservação

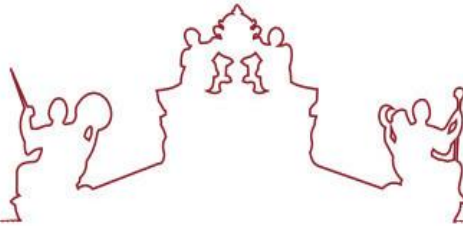
Dissertação

**Protocolo de Amostragem de Macroinvertebrados Bentónicos:
Adaptação à realidade de rios rasos brasileiros**

Nícolas Carvalho de Almeida Costa

Orientador (es) | Maria Manuela Queiroz Montero Morais

Évora 2020



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Paulo Sá-Sousa (Universidade de Évora)

Vogais | D. Figueiredo (Universidade de Évora) (Arguente)

Maria Manuela Morais (Universidade de Évora) (Orientador)

Évora 2020

Protocolo de Amostragem de Macroinvertebrados Bentônicos: Adaptação à realidade de rios rasos brasileiros

RESUMO

Os protocolos de amostragem de macroinvertebrados são ferramentas que garantem o controle de qualidade dos dados produzidos. No presente trabalho propõem-se um protocolo para amostragem de macroinvertebrados bentônicos adaptado a rios brasileiros de pequena e média dimensões. Foram realizados a seleção de 57 protocolos com base em publicações de referências de programas de monitoramento das principais iniciativas de biomonitorização de quatro continentes (da América do Norte, da Europa, América do Sul e da Oceania), baseados nas diretrizes emanadas de diferentes metodologias, nomeadamente: Diretiva do Quadro da Água 2000/60/CE; EPA, Environmental Protection Agency e; Canadian Aquatic Biomonitoring Network. Os resultados indicam que protocolo pode utilizar uma metodologia de amostragem baseada em fluxo com abordagem de amostragem de único ou multi-habitat em relação à assembleia de macroinvertebrados. As conclusões deste estudo guiarão as decisões sobre os métodos de amostragem mais apropriados para planos de amostragem de monitoramento.

Palavras-chave: protocolo; amostragem; macroinvertebrados bentônicos; rios rasos brasileiros; avaliação ecológica.

Sampling Protocol for Benthic Macroinvertebrates: Adaptation to the reality of Brazilian shallow rivers

ABSTRACT

Macroinvertebrate sampling protocols are tools that guarantee the quality control of the data produced. This work proposes a protocol for sampling benthic macroinvertebrates adapted to small and medium sized Brazilian rivers. 57 protocols were selected based on publications of references for monitoring programs of the main biomonitoring initiatives on four continents (from North America, Europe, South America and Oceania), based on guidelines issued by different methodologies, namely: Water Framework Directive 2000/60 / EC; EPA, Environmental Protection Agency and; Canadian Aquatic Biomonitoring Network. The results indicate which protocol can use a flow-based sampling methodology with a single or multi-habitat sampling approach in relation to the macroinvertebrate assembly. The findings of this study will guide decisions on the most appropriate sampling methods for monitoring sampling plans.

Keywords: protocol; sampling; benthic macroinvertebrates; shallow Brazilian rivers; ecological assessment.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVO GERAL	10
	2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
4	METODOLOGIA E ESTATÉGIA DE AÇÃO	15
5	ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS.....	19
	5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS POR CONTINENTE.....	27
	5.2 METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM NOS PROTÓCOLOS SELECIONADOS	34
	5.2.1 EQUIPAMENTO DE CAMPO.....	44
	5.3 DESCRITORES COMPLEMENTARES DE PROTÓCOLO.....	48
	5.4 PROPOSTA DE PROTÓCOLO PARA A AMOSTRAGEM DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	55
7.	REFERÊNCIAS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas metodológicas seguidas no presente trabalho	16
Figura 2 - Distribuição percentual dos protocolos analisados por continente.	28
Figura 3 - Distribuição percentual dos protocolos por país da América do Norte	29
Figura 4 - Distribuição percentual dos protocolos analisados por país europeu	30
Figura 5 - Distribuição percentual dos protocolos analisados por país da América do Sul	32
Figura 6 - Distribuições percentuais dos protocolos analisados por país da América do Sul	33
Figura 7 - Representatividade das variáveis incluídas dos protocolos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos	44
Figura 8 - Distribuição percentual do tipo de rede utilizada para amostragem dos macroinvertebrados bentônicos nos protocolos analisados	47

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Principais grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos.	12
Quadro 2 - Grupos tróficos funcionais dos macroinvertebrados bentónicos, com identificação do tipo de alimento, modo de alimentação e exemplos.	13
Quadro 3 - Palavras de busca utilizada nos idiomas português, inglês e espanhol.	17
Quadro 4 - Levantamento referencial dos principais protocolos de amostragem.	21
Quadro 5 - Protocolos selecionados por continente.	27
Quadro 6 - Protocolos analisados por país da América do Norte.	28
Quadro 7 - Protocolos analisados por país europeu.	30
Quadro 8 - Protocolos analisados por país da América do Sul.	31
Quadro 9 - Protocolos analisados por país na Oceânia.	32
Quadro 10 - Metodologia geral dos protocolos de amostragem selecionados para o elemento biológico macroinvertebrados bentónicos.	36
Quadro 11- Variáveis agregadas que sumarizam a informação referida o Quadro 10.	42
Quadro 12 - Equipamentos de amostragem para os macroinvertebrados bentónicos em rios e ribeiras.	45
Quadro 13 -Dimensões da malha das redes para amostragem de macroinvertebrados bentónicos, recomendadas em normas internacionais (EN 27828: 1994 e EN 28265: 1994).	46
Quadro 14 - Equipamentos de amostragem (tipo de redes) utilizados para amostragem de macroinvertebrados bentónicos nos protocolos analisados.	46
Quadro 15 - Descritores gerais de caracterização do local de amostragem para um sistema lótico.	49
Quadro 16 - Descrição do Protocolo de amostragem: caracterização do local de amostragem; descrição dos habitats presentes; procedimento de amostragem.	50
Quadro 17 - Amostragem em função do tipo de habitat.	52
Quadro 18 - Identificação de habitats em rios.	53
Quadro 19 - Garantia e Controle de Qualidade da Amostragem de macroinvertebrados bentónicos em rio.	53

1 INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade ecológica, ou seja, a utilização de elementos biológicos para monitorizar a qualidade de ecossistemas aquáticos foi desenvolvida por se ter observado que as informações obtidas através da análise de parâmetros físicos e químicos da água não eram suficientes para descrever integralmente ecológica de ecossistemas aquáticos (BAPTISTA, 2008a). Em conformidade com esta constatação, Whitfield (2001) afirma que o sistema tradicional de monitorização, baseado unicamente em parâmetros físico-químicos apresenta outras desvantagens, como por exemplo, não fornecer informação sobre a componente temporal e espacial de um sistema altamente dinâmico, fornecendo somente uma fotografia relativa ao momento da amostragem (WHITFIELD, 2001).

A partir desta conceção, no início do século XX, dois pesquisadores alemães, Kolkwitz, R. e Marsson, M. (apud Cairns & Pratt 1983) estabeleceram a base conceitual para a construção dos primeiros métodos de monitorização biológica, (através do desenvolvimento de índices para microrganismos). Este método ficou conhecido como índice de saprobidade (utilizado para definir o grau de degradação orgânica) e verificava a relação entre a presença e a abundância dos organismos, em diferentes troços de rios ao longo de um gradiente de poluição orgânica (BAPTISTA, 2008b). A sobrevivência dos organismos ocorreria devido às características fisiológicas e comportamentais que os permitiriam tolerar condições ambientais alteradas relativamente a uma condição inicial não degradada.

Desde a proposta inicial até o final da década de 80, a utilização de organismos para avaliar alterações nos sistemas denomina-se biomonitorização. A informação obtida é posteriormente integrada em índices, que se têm multiplicado de acordo com a tipologia abiótica dos diferentes sistemas aquáticos (e.g. sistemas lênticos e lóticos e respetiva localização geográfica). Presentemente estes índices constituem a principal ferramenta de monitorização da integridade ecológica, sendo integrados em programas de controle de qualidade (METCALFE, 1989, ROSENBERG; RESH, 1993). Segundo Barbosa *et al.* (1995) os métodos biológicos pressupõem que as atividades antrópicas produzem efeitos que afetam a organização e o funcionamento das comunidades naturais, comprometendo, portanto, a integridade desses ecossistemas.

Na Europa, a monitorização biológica efetuada de uma forma integrada em programas geridos a nível nacional teve o seu início na década de 70 na Alemanha, Reino Unido, Suécia e mais tarde Itália. Com exceção da Alemanha e Itália, os outros países não possuíam uma regulamentação legislativa específica para avaliar a qualidade da água através de indicadores biológicos (BAPTISTA, 2008c; HERING et al., 2010). Foi apenas durante a década de 1990 que a nível europeu se iniciou uma discussão global com vista à produção de legislação comum a ser aplicada pelos Estados Membros (EM) para a gestão dos Recursos Hídricos. Após intensos debates e vários projetos de investigação europeus, no ano de 2000 foi publicada a Diretiva Quadro da Água (DQA; 2000/60/EC). A DQA prevê a monitorização físico-química e biológica com os seguintes objetivos ambientais para as águas superficiais: 1) Evitar a deterioração do estado das massas de água; 2) Proteger, melhorar e recuperar todas as massas de água com o objetivo de alcançar o bom estado das águas – bom estado químico e o bom estado ecológico; 3) Proteger e melhorar todas as massas de água fortemente modificadas e artificiais com o objetivo de alcançar o bom potencial ecológico e o bom estado químico; 4) Reduzir gradualmente a poluição provocada por substâncias prioritárias e eliminar as emissões, as descargas e as perdas de substâncias perigosas prioritárias. Globalmente a DQA estabelece um quadro de ações comunitárias no domínio da política da água, estabelecendo normas de integração e adaptação das estruturas normativas e institucionais dos Estados-membros aos princípios gerais de proteção e uso sustentável das águas. No sentido de dar sustentação as normas, a Comunidade Europeia (CE) financiou dois projetos, (AQEM e STAR) que tinham como objetivo a padronização e intercalibração dos procedimentos operacionais e desenvolvimento de diferentes índices multimétricos, inicialmente apenas para os macroinvertebrados bentónicos (projeto AQEM), posteriormente estendido aos restantes elementos biológicos (perifiton; macroinvertebrados, macrófitos, peixes) (projeto STAR FRIBERG *et al.*, 2006).

Nos Estados Unidos da América (U.S.A), de forma um pouco similar, a lei Water Clean Action de 1972, requeria que cada Estado americano produzissem um relatório a cada dois anos sobre as condições das suas águas superficiais e que se reportassem os resultados obtidos à Agência de Proteção Ambiental (EPA). Esta lei prevê que a qualidade da água deva ser capaz de sustentar e preservar a biodiversidade aquática.

Na Austrália, em 1994 o governo federal desenvolveu o Programa Nacional de Saúde de Rios (NRHP) em resposta ao interesse crescente do país em manter elevados valores ecológicos para para os ecossistemas aquáticos de águas superficiais.

Na Nova Zelândia, em 1997 o Ministério do Ambiente estabeleceu um grupo de trabalho encarregado de investigar o uso de macroinvertebrados aquáticos para a monitorização biológica de sistemas lóticos. Como resultado foi proposto um método padronizado a nível nacional (MfE 1999). Boothroyd & Stark (2000) referem todas as técnicas operacionais utilizadas na Nova Zelândia.

Com o avanço da informática, modernização dos sistemas de informação computacional e desenvolvimento de vários programas estatísticos, a informação e métodos de avaliação da integridade ecológica ficaram disponíveis, permitindo-se um acesso fácil para uma efetivação de monitorização biológica. Em particular quando se aborda a comunidade de macroinvertebrado bentónicos, é importante destacar o grande desenvolvimento dos índices multimétricos nos EUA (Plafkin *et al.*, 1989, Barbour *et al.*, 1996, 1999) e na Comunidade Europeia, estes últimos calibrados por elemento biológico e tipologia abiótica a nível de toda a Europa.

Apesar da importância dos diferentes elementos biológicos, especificamente perifiton, macrófitos, macroinvertebrados e peixes, o grupo dos macroinvertebrados bentónicos tem sido o mais utilizado (SILVEIRA *et al.*, 2004; BARBOUR *et al.*, 1999; THORNE; WILLIAMS, 1997; KERANS; KARR, 1994; ROSENBERG; RESH, 1993).

Nesse sentido têm sido desenvolvidos vários modelos preditivos da qualidade ecológica com base em variáveis ambientais simultaneamente medidas e analisadas (e.g. RIVPACS – Inglaterra; AusRivAs - Austrália; BEAST – Canadá, Modelo da Nova Zelândia), em conformidade com diretrizes normativas em vigor nos respetivos países (WRIGHT, 1995; REYNOLDSON *et al.*, 1995).

Embora a monitorização biológica seja uma prática de monitorização já implementada em várias regiões no Mundo (e.g. EUA, Europa, Nova Zelândia), no Brasil esta técnica tem apenas algumas décadas, sendo aplicada de forma inconsistente não existindo métodos calibrados a nível nacional. No entanto, no Brasil ganha força a ideia de que os sistemas de classificação devem ser definidos à escala da bacia hidrográfica, com a definição de locais de referência dentro da bacia (SILVEIRA, 2004; BAPTISTA, 2008d). Respeitando é claro, as diferenciações

geológicas, climáticas, cobertura vegetal, ocupação de solo, entre outras. Porém, não existe definido um procedimento padrão para a definição de locais de referência, nem tão pouco protocolos nacionais ou até estaduais, que definam procedimentos específicos para a amostragem e análise de macroinvertebrados bentônicos em rios tropicais de características rasas (profundidade reduzida) (SILVEIRA, 2004).

Adicionalmente, no Brasil, apesar da lei nº 9433/97, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRHI) e o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 1997), ter representado um grande avanço na gestão dos Recursos Hídricos (RH), é ainda precária a cobertura nacional dos diferentes ecossistemas de águas interiores em programas de monitorização. A PNRHI e o SINGREH estabelecem uma série de medidas promissoras, que provavelmente trarão resultados eficazes na preservação destes ecossistemas, mas muito deve ser feito no sentido de implementar uma gestão efetiva dos Recursos Hídricos no Brasil (CARDOSO-SILVA *et al.*, 2013).

A grande maioria dos artigos publicados na última década por investigadores brasileiros, sobre a temática da monitorização e avaliação da integridade ecológica em rios com base nos macroinvertebrados bentônicos, referem-se a estudos taxonômicos e toxicológicos, não abordando especificamente as metodologias de, o que dificulta a sua replicação e até proposta em protocolo para adaptação a nível nacional.

Por esta razão, existem disponíveis, a nível global, um elevado número de procedimentos e métodos de amostragem que seguem diferentes abordagens (FBA, 2019), não existindo um método definido a nível nacional que permita efetuar estudos comparativos que priorizem a definição de medidas mitigadoras e a definição de prioridades para a conservação.

Com o objetivo de poder contribuir para uma harmonização dos protocolos de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos em rios rasos no Brasil, o presente trabalho analisa 57 protocolos de amostragem para este elementos biológicos, utilizados por diferentes investigadores e agências (públicas e privadas), selecionados pelos critérios de inclusão de variáveis previamente estabelecidas, respetivamente, em 4 continentes: 1) América do Norte; 2) América do Sul; 3) Europa; e 4) Oceânia, totalizando 13 países.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é propor um protocolo de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos aplicável a rios de pequena e média dimensão no Brasil (bacia $< 100 \text{ km}^2$; bacia $> 100 \text{ km}^2$ e $< 100 \text{ km}^2$) – rios rasos (designação no Brasil). Para tal efetuou-se uma análise comparativa de diferentes protocolos disponíveis à escala global.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Complementarmente definiram-se 4 objetivos específicos, considerados fundamentais para o cumprimento do objetivo global, nomeadamente:

1. Apresentar uma caracterização taxonómica geral sobre os macroinvertebrados bentônicos, identificando as suas características tróficas funcionais e suscetibilidade a pressões antropogénicas;
2. Comparar protocolos de amostragem de macroinvertebrados atualmente em uso em diversos países;
3. Selecionar as variáveis mais relevantes para o desenvolvimento de um protocolo de amostragem aplicável no Brasil;
4. Propor um procedimento de amostragem em conformidade com os que são utilizados por agências reguladoras em diferentes países, para garantir que os resultados obtidos permitam comparações com diferentes regiões.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

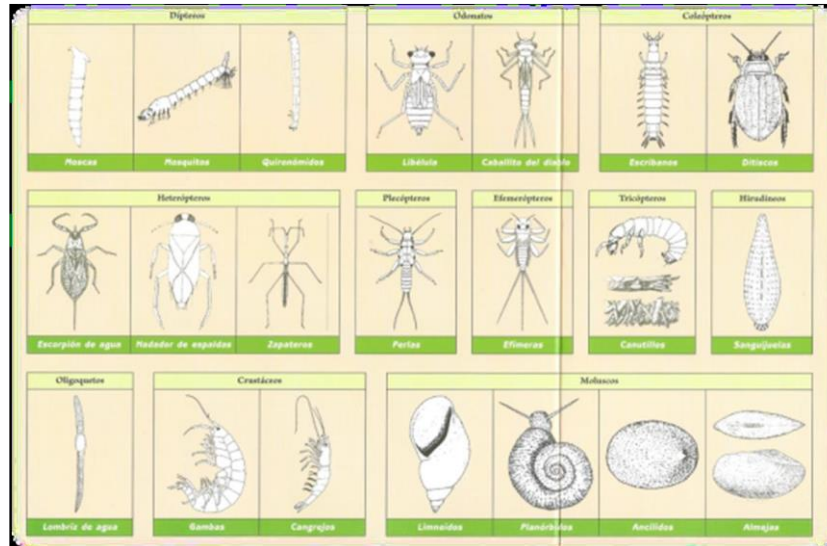
Muitos investigadores (CUMMIG; KLUG, 1979; ARENAS, 1993; BARBOUR *et al.*, 1995; FIGUEROA, 1999; ALONSO *et al.*, 2002; FENOGLIO *et al.*, 2002; HYNEA; MAHER, 2003; CAIN *et al.*, 2004; LEIVA, 2004; ALONSO; CAMARGO, 2005) referem que dentro dos grupos faunísticos considerados como bons indicadores da qualidade ecológica, os macroinvertebrados bentônicos destacam-se, sobretudo devido à sua presença em todos os tipos de sistemas aquáticos de água doce, tais como sejam os rios e os lagos. O termo “*macroinvertebrados*” inclui organismos que podem ser observados a olho nu, ou seja, que apresentam comprimento superior a 0,5 mm. Entre eles incluem-se os poríferos, hidrozoários, turbelares, oligoquetas, hirudineans, insetos, aracnídeos, crustáceos, gastrópodes e bivalves (Quadro 1). Estes organismos possuem adaptações ao hidrodinamismo de água corrente, nomeadamente: ventosas; ganchos; garras; corpo aplanado que lhes permite suportar velocidades de corrente elevadas, em particular na zona central de um rio, onde a velocidade de corrente é máxima (ROCHA, 2001).

Em habitats marginais, sobretudo em zonas de deposição com maior percentagem de areias, a velocidade da corrente não é um fator limitante, sendo a sua presença determinada por parâmetros como sejam a temperatura da água, a concentração de oxigénio dissolvido e o alimento disponível. Salienta-se ainda que os habitats com substrato maioritariamente constituído por areia não são privilegiados para a colonização devido à sua instabilidade (HYNES, 1970).

A vegetação aquática proporciona um incremento da superfície colonizada por organismos bentônicos (DUDLEY, 1988), maior proteção, um substrato apropriado para a postura de ovos (MCDERMID & NAIMAN, 1983) e suporte físico para deposição de detritos orgânicos que constituem alimento para grande parte dos organismos bentônicos (ROLDAN, 1988). Convém ressaltar, que, sobretudo nos insetos, as adaptações dos organismos se alteram ao longo das diferentes fases do seu ciclo de vida (FORMIGO, 1997).

Estes organismos são componentes essenciais na manutenção dos ecossistemas aquáticos, constituindo a base da cadeia alimentar de outros organismos e facilitando a decomposição de detritos orgânicos e o ciclo de nutrientes (CASTELLANOS; SERRATO, 2008; WALLACE *et al.*, 1997).

Quadro 1 - Grupos taxonômicos de macroinvertebrados bentônicos mais abundantes em sistemas lóticos



Fonte: Roldán e Ramírez (2008)

Conseqüentemente são componentes essenciais para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, atuando nos processos ecológicos de transferência de energia e no ciclo de nutrientes. Além disso, podem assumir um papel importante na reciclagem de contaminantes e nutrientes depositados no sedimento de fundo (CETESB, 2012), por: 1) biorrevolvimento ou bioturbação, alteração física e química dos sedimentos promovido pelas populações que se enterram; 2) bioacumulação, em que a concentração corpórea de determinada substância tende a aumentar com o tempo de contato com o organismo; 3) transferência trófica, quando a concentração aumenta com o nível trófico; 4) biodegradação, quando há transformação, após ingestão, das substâncias contaminantes; e 5) migração, quando o contaminante é transportado para outro sistema ou troço do mesmo sistema como, o que ocorre, por exemplo, na emergência de insetos adultos para os sistemas terrestre que em fase posterior deposita os ovos cujas larvas noutros locais.

Quadro 2 - Grupos tróficos funcionais dos macroinvertebrados bentônicos, com identificação do tipo de alimento, modo de alimentação e exemplos

Grupo trófico	Tipo de alimento	Modo de alimentação	Exemplos
Detritívoros	Depósitos de folhas (CPOM), plantas aquáticas verdes.	Mastigação	Tricópteros, alguns Crustáceos.
Detritovoros	Wood. Usually rotted	Chewing and mining	Caddisflies, some beetles, some chironomid midge larvae.
Coletores filtradores	FPOM em suspensão na água	Filtração através de sedas especializadas, redes ou secreções.	Tricópteros, larvas de Dípteros, algumas larvas de Chironomídeos.
Colectores escavadores	FPOM depositada no sedimento	Raspagem e escavação em sedimento fino.	Muitos Efemeropteros, Plecopteros, Tricópteros, Dípteros, Oligochaeta, alguns Crustáceos.
Fitófagos	Biofilme algal	Raspagem do biofilme algal	Alguns Efemeropteros, Tricópteros, Gastropodes, larvas de Coleopteros.
Predadores	Pequenos animais	Mastigação	Odonatas, Herudínios, alguns Tricópteros, Dípteros, e Coleopteros.
CPOM = Matéria orgânica particulada grossa. FPOM = Matéria orgânica particulada fina.			

Fonte: CETESB (2012). Adaptado pelo autor

Nesse contexto a sua importância ecológica é relevante, podendo ser utilizados como indicadores da integridade do ecossistema, devido a: (ROLDÁN-PÉREZ, 2003; BONADA *et al.*, 2006; ROLDÁN; RAMÍREZ, 2008):

1. Apresentarem uma grande diversidade;
2. Revelarem uma forte relação com fatores ambientais (e.g. hidromorfologia, físico-química, comunidades biológicas);
3. São abundantes e fáceis de observar e manipular;
4. A amostragem é simples, replicável e gera resultados facilmente aplicáveis e interpretáveis, podendo ser rapidamente quantificáveis;
5. A maioria dos macroinvertebrados é sedentária, refletindo as condições locais.
6. Refletem as pressões antrópicas, devido a apresentarem níveis de sensibilidade diferenciada por unidade taxonômica (*i.e* família);
7. Apresentam um longo período de permanência na água. Os invertebrados bentônicos indicam alterações a médio e longo prazo, uma vez que suas espécies possuem ciclos de vida que variam de menos de um mês a mais de um ano. Esta temporalidade intermediária

complementa a de outros grupos biológicos com tempos de resposta mais curtos, como fitobentos (plantas aquáticas fixadas no solo ou no fundo), ou mais longos como peixes;

8. Encontram-se em praticamente todos os sistemas aquáticos;
9. Resumidamente apresentam: Sensibilidade; Seletividade; Validade Científica; Confiabilidade; Rentabilidade; Capacidade de Previsão. Definindo-se estes descritores do seguinte modo:

Sensibilidade: fornecem uma resposta quantificável a diferentes distúrbios ambientais específicos, como poluição (térmica, orgânica e química) de água e alterações hidrológicas (regime de taxa de fluxo) e alterações geomorfológicas (morfologia do corpo da cama da água).

Seletividade: de acordo com a metodologia utilizada, fornecem resultados específicos contra vários tipos de distúrbios.

Validade científica: os métodos de amostragem e os índices para analisá-los são validados em muitas partes do mundo. Do mesmo modo, as respostas que as comunidades de macroinvertebrados mostram em relação aos vários distúrbios antropogênicos foram amplamente descritas do ponto de vista científico e também foram validadas em termos estatísticos.

Confiabilidade: a análise das comunidades de macroinvertebrados fornece níveis de incerteza conhecidos e aceitáveis.

Rentabilidade: fornece uma grande quantidade de informações em relação ao esforço empregado (econômico, temporário, pessoal, etc.).

Capacidade de previsão: permite estabelecer modelos capazes de prever o efeito de diferentes pressões antrópicas.

4 METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

A presente investigação é de natureza qualitativa, do tipo descritivo e exploratório. Assenta em pesquisa bibliográfica sobre o tema global (ver objetivo geral e objetivos específicos).

A pesquisa bibliográfica foi maioritariamente efetuada na Internet (Google), utilizando-se palavras chave relacionadas com o objetivo geral do trabalho (Quadro 3) (pesquisa efetuada entre 2016 e 2020).

No final foram selecionadas 57 publicações de referência que cobrem diferentes áreas geográficas, entre dissertação de mestrado, teses de doutorado, programas de investigação; publicações de agências governamentais (Municipais, Estaduais e Federais) e de instituições privadas (empresas de consultorias) (Quadro 4). Estas publicações contemplam a monitorização e a avaliação do estado ecológico de rios ou troços de (terraços, planícies de inundação, balsas dentro da zona de inundação etc.).

Posteriormente fez-se uma análise dos resultados centrada nas principais iniciativas de biomonitorização que estão sendo realizadas nas várias jurisdições federais, provinciais e territoriais de quatro continentes (da América do Norte, da Europa, América do Sul e da Oceânia), totalizando 13 países (U.S.A., Canadá, México, Espanha, Portugal, Suécia, Brasil, Colômbia, Argentina, Bolívia, Equador, Austrália e Nova Zelândia), baseados nas diretrizes emanadas de diferentes metodologias, nomeadamente: Diretiva do Quadro da Água 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000; protocolos e normas adotadas pelo Estado Espanhol (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - (MAPAMA)); Agência de Meio Ambiente dos EUA (EPA, Environmental Protection Agency) por Barbour et al. 1999); Canadian Aquatic Biomonitoring Network (CABIN, 2009).

Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma com as diferentes etapas metodológicas seguidas no trabalho.



Figura 1 - Etapas metodológicas seguidas no presente trabalho

Como se pode observar a metodologia adotada contemplou 5 etapas diferentes, nomeadamente:

1ª Fase: Definição de palavras/conceitos chave para pesquisa bibliográfica

Nesta primeira fase foram selecionadas palavras/conceitos chave consideradas essenciais tendo em consideração o objetivo global do trabalho, entre elas, como mais relevantes referiram-se: rios; protocolo para amostragem de macroinvertebrados bentónicos; bioindicadores/macroinvertebrados; qualidade ecológica; integridade ecológica.

2ª Fase: Pesquisa bibliográfica

A pós a seleção das palavras/conceitos chave procedeu-se à pesquisa bibliográfica em diferentes plataformas, nomeadamente Web of Science e Google brasileiro. Nesta fase foram selecionados artigos e relatórios referentes aos últimos 30 anos (período de 1990 a 2020) em diferentes

regiões. Nesse sentido fez-se uma tradução de palavras/conceitos para inglês e espanhol (Quadro 3).

Quadro 3 - Palavras de busca utilizada nos idiomas português, inglês e espanhol

Idioma/palavra chave	Português	Inglês	Espanhol
1	Monitorização do estado ecológico dos rios	Monitoring the ecological status of rivers	Monitoreo del estado ecológico de los ríos
2	Protocolos de amostragem de macroinvertebrados	Macroinvertebrate sampling protocols	Protocolos de muestreo de macroinvertebrados
3	Protocolo de avaliação ecológica de macroinvertebrados	Protocol for ecological assessment of macroinvertebrates	Protocolo de evaluación ecológica de macroinvertebrados
4	Protocolo de amostragem de macroinvertebrados aquático	Aquatic macroinvertebrate sampling protocol	Protocolo de muestreo de macroinvertebrados acuáticos
5	Avaliação da qualidade ambiental dos ecossistemas aquático continentais	Environmental quality assessment of continental aquatic ecosystems	Evaluación ecológica de los elementos biológicos de calidad del agua
6	Manual de amostragem de macroinvertebrados.	Macroinvertebrate sampling manual.	Manual de muestreo de macroinvertebrados.
7	Avaliação ecológica dos elementos de qualidade biológica da água.	Ecological evaluation of the elements of biological quality of water.	Evaluación ecológica de los elementos biológicos de calidad del agua.
8	Bioindicadores da qualidade da água.	Water quality bioindicators.	Bioindicadores de calidad del agua.
9	Manual de amostragem de macroinvertebrados	Macroinvertebrate sampling manual	Manual de muestreo de macroinvertebrados

3ª Fase: Compilação e análise de resultados

Nesta fase procedeu-se a uma análise descritiva. Procurou-se averiguar a forma como os diferentes autores abordavam o tema relativo à amostragem dos macroinvertebrados bentónicos e como descreviam os protocolos.

4ª Fase: análise crítica

Procedeu-se a uma análise crítica dos resultados obtidos, tendo em consideração o objetivo global do trabalho. Identificaram-se lacunas nos diferentes trabalhos consultados.

5ª Fase: Proposta de um protocolo

Nesta fase desenvolve-se um novo protocolo, passível se ter aplicado no Brasil.

5 ANÁLISE GLOBAL DOS RESULTADOS

Os protocolos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos, independentemente da sua especificidade, quando são adaptados a outras realidades diferentes das que estiveram na base do seu desenvolvimento, exigem modificações e adaptações. Nomeadamente no que se relaciona com os sistemas que se pretendem monitorizar/estudar, mas também em relação à logística de cada laboratório (material, conhecimento, etc).

De acordo Hering *et al.* (2010), é fundamental que tal aconteça permitindo-se desta forma o conhecimento não fique restrito a um só grupo de técnicos/investigadores, mas se estenda, inclusive a outras regiões, com culturas e sistemas educacionais diferentes. Os mesmos autores referem ainda que a implementação de protocolos de amostragem de macroinvertebrados ajustados a realidades diferentes constitui uma alternativa promissora na gestão dos ecossistemas aquáticos de águas interiores, principalmente, em países em desenvolvimento.

Contudo, na prática, existem algumas dificuldades e lacunas que não são do conhecimento geral, mas que dificultam a comunicação científica e uma gestão sustentável dos sistemas aquáticos por parte das entidades públicas com esta responsabilidade. Refiram-se nomeadamente: falta de financiamento; pouco interesse político; falta de divulgação à população, às entidades públicas relacionadas com a gestão aos investigadores; linguagem inacessível à população; dificuldade na tradução de termos para o idioma local; falta de formação técnica; inadequação de protocolos ao contexto regional e local; dificuldade na partilha de informações a nível nacional e internacional.

Neste cenário, no que se relaciona com a realidade brasileira, é fundamental fazer uma análise comparativa dos protocolos existentes a nível global, destacando os aspetos mais relevantes passíveis de serem adaptados à realidade brasileira.

Uma análise global dos resultados revelou que os principais protocolos para amostragem de macroinvertebrados bentônicos são apresentados por agências ambientais reguladoras em países do continente americano e europeu. Outras ferramentas de gestão relacionadas com os macroinvertebrados bentônicos que tem recebido grande atenção, são os modelos preditivos da qualidade ecológica (RIVPACS – Inglaterra; AusRivAs - Austrália; BEAST – Canadá, modelo da Nova Zelândia, estando em conformidade com diretrizes normativas que legislam seus respetivos países (WRIGHT 1995, REYNOLDSON *et al.*, 1995). Além destes, tem aumentado o número de estudos relativos ao uso das informações biológicas e ecológicas das espécies,

baseado no conceito de “habitat” para definir o estado ecológico da água (USSELIO-POLITERRA *et al.* 2000, CHARVET *et al.*, 2000, STATZNER *et al.*, 2001).

No Quadro 4 apresenta-se o resultado da pesquisa bibliográfica para os 57 protocolos selecionados.

Pretendeu-se resumir a informação mais relevante constante nos 57 protocolos selecionados, organizados por Sigla, Instituição, Programa, Título, País, Autoria/ano de publicação.

Quadro 4 - Levantamento referencial dos principais protocolos de amostragem

Nº	SIGLA	INSTITUIÇÃO	PROGRAMA	TÍTULO	PAÍS	AUTORIA
1	UNEP/WHO	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Organização Mundial da Saúde.	Monitoramento da Qualidade da Água.	Guia Prático para o Desenho e Implementação de Estudos de Qualidade de Água Doce e Programas de Monitoramento.	U.S.A	Bartram; Ballance (1996)
2	EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.	Planos de Projeto de Garantia de Qualidade.	O Guia do Monitor Voluntário para Planos de Projeto de Garantia de Qualidade.	U.S.A.	EPA (1996)
3	OPSW	Plano de Oregon para Salmão e Bacias Hidrográficas.	Plano de Oregon para Salmão e Bacias Hidrográficas.	Guia de Monitoramento da Qualidade da Água.	U.S.A.	OPSW (1998)
4	UB/F.E.M.	Universidade de Barcelona / Departamento de Ecologia.	Metodologia F.E.M. para a avaliação do estado ecológico dos rios mediterrânicos.	Protocolo para Determinar o Estado Ecológico dos Rios Mediterrânicos.	Espanha	Prat et al. (2000)
5	REFCOND	N/D	Estratégia comum de implementação para Diretiva-Quadro Água (2000/60 / CE)	Documento de Orientação Nº 10 Rios e lagos - Tipologia, condições de referências e sistemas de classificação.	Suécia	REFCOND (2003)
6	WISCONSIN	Departamento de Recursos Naturais do Estado de Wisconsin.	Escritório de Gestão Pesqueira e Habitat Seção de monitoramento de Proteção e Avaliação de Dados.	Diretrizes para coleta de amostras de macroinvertebrados de riachos caminháveis.	U.S.A.	Wisconsin (2000)
7	EcoCiencia	EcoCiencia	Manual de Monitoramento.	Macroinvertebrados aquáticos como indicadores da qualidade da água.	Equador	Reyes; Peralbo (2001)
8	MfE	Ministério do Meio Ambiente.	Elaborado para o Projeto Fundo de Gestão Sustentável do Ministério do Meio Ambiente Nº. 5103.	Protocolos para amostragem de macroinvertebrados em riachos caminháveis.	Nova Zelândia	Stark et al. (2001)
9	USGS	U.S. Departamento do interior U.S. Pesquisa Geológica.	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água.	Comparação da Estrutura da Comunidade de Macroinvertebrados entre dois Protocolos de Amostragem Baseados em Riffle em Wyoming, Colorado e Montana.	U.S.A.	Peterson; Zumberge (2001)

10	USGS	Serviço Geológico dos EUA.	Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água (NAWQA).	Protocolos revisados para amostragem de comunidades de algas, invertebrados e peixes como parte do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água.	U.S.A	Moulton et al. (2002)
11	ECHEBRO	Confederação Hidrográfica de Ebro.	Documentação anterior para análise.	Plano Hidrológico do rio Aragão.	Espanha	CHEbro (2008)
12	CNA	Comissão Nacional de Águas.	Subdiretoria Gestão Técnica Geral de Saneamento e Qualidade da Água.	Guia de Coleta, Manejo e Observações de Campo para Bioindicadores da Qualidade da Água.	México	Espino et al. (2004)
13	EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.	Comunicado Técnico, 19	Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.	Brasil	Silveira et al. (2004)
14	CHEbro	Confederação Hidrográfica do Ebro.	Metodologia para o estabelecimento do Estado Ecológico de acordo com a Diretiva Quadro da Água.	Protocolos de amostragem e análise para invertebrados bentônicos.	Espanha	CHEbro/UR A (2005)
15	GLOBE	Uma investigação de aprendizagem.	N/D	Protocolo de Macroinvertebrados de Agua Doce.	U.S.A	GLOBE (2005)
16	HUMBOLDT	Instituto de Pesquisa de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.	Metodologia para o Uso de Macroinvertebrados Aquáticos como Indicadores da Qualidade da Água.	Contrato nº 05-01-24843-0424PS. Desenvolver metodologia para avaliação de macroinvertebrados aquáticos como indicadores de recursos hidrobiológicos - Projeto Andes.	Colômbia	Arango; Ospina (2005)
17	EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.	Capítulo 13: Amostragem de Sedimentos para Análises Biológicas.	Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: Solo, Água e Sedimentos.	Brasil	Silveira et al. (2006)
18	DEPLW	Departamento de Proteção Ambiental do Maine.	Departamento de Qualidade da Terra e Água Divisão de Programa de Biomonitoramento de Avaliação Ambiental.	Protocolos para amostragem de macroinvertebrados aquáticos em áreas úmidas de água doce.	U.S.A.	DiFranco (2006)
19	CHEBRO	Confederação Hidrográfica do Ebro.	Metodologia para o Estabelecimento do Estado Ecológico de acordo com a Directiva Quadro da Água na Confederação Hidrográfica do Ebro.	Protocolos de Amostragem e Análise para: Fitoplâncton, Fitobentos (Microalgas Bentônicas) Macrófitos, Invertebrados Bentônicos Ictiofauna.	Espanha	CHEBRO (2007)

20	ProBiota/FCNyM /UNLP	Departamento de Ciências Exatas e Naturais; Faculdade de Ciências Humanas e da Educação; Divisão de Zoologia de Invertebrados; Museu da Plata; Faculdade de Ciências.	I.- Métodos de coleta e técnicas de fixação.	Guia para o Estudo de Macroinvertebrados.	Argentina	Darrigran et al. (2007)
21	INAG	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.	Manual para a Avaliação Biológica da Qualidade da Água Em Sistemas Fluviais Segundo a Directiva Quadro da Água.	Protocolo de Amostragem e Análise para os Macroinvertebrados Bentônicos.	Portugal	INAG, I. P. (2008)
22	DEQ	Departamento de Qualidade Ambiental de Oregon.	Plano de Projeto de Garantia da Qualidade.	Monitoramento Voluntário da Qualidade da Água.	U.S.A	Hanson et al. (2009)
23	IGIC	Instituto de Pesquisa em Gestão Integrada da Zona Costeira.	Fatores de degradação das populações de Loina (<i>Parachondrostoma Arrigonis</i>) e o estado do seu atual habitat na bacia do rio Júcar (2006-2008).	INFORME FINAL	Espanha	IGIC (2009)
24	CABIN	Rede canadense de biomonitoramento aquático.	Protocolo Nacionalmente Padronizado para Coleta de Macroinvertebrados Bentônicos e Informações de Fluxo que são Compartilhadas Pela Rede Usando Ferramentas Online.	Manual de Campo CABIN	Canadá	CABIN (2009)
25	CHMiño-Sil e Cantábrico	Confederações Hidrográficas do Miño-Sil e Cantábrico.	Protocolos Comunitários de Amostragem Biológica de Características não Pertencentes às Confederações Hidrográficas Minho-Sil e Cantábricas (invertebrados bentônicos, diatômicos, peixes e macrófitas).	Protocolo para Obtenção de dados sobre Invertebrados Bentônicos.	Espanha	Pardo et al. (2010)
26	ANA; CETESB	Agência Nacional da Água / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.	Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras.	Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos.	Brasil	ANA; CETESB (2011)
27	CABIN	Rede Canadense de Biomonitoramento Aquático.	Administrador de direitos autorais do Governo do Canadá, Obras Públicas e Serviços Governamentais do Canadá (PWGSC).	Manual de Campo CABIN	Canadá	CABIN (2012)

28	UB	Universidade de Barcelona / Departamento de Ecologia	Metodologia F.E.M. para a Avaliação do Estado Ecológico dos Rios Mediterrânicos.	Protocolo F.E.M. (Ecologia e Gestão de Água Doce).	Espanha	Prat, N; et. al. (2012)
29	UB	Universidade de Barcelona / Departamento de Ecologia	Metodologia F.E.M. para a Avaliação do Estado Ecológico dos Rios Mediterrânicos.	Protocolo ECOBILL (Para calcular o índice biótico FBILL).	Espanha	Prat, N; et. al., 2012
30	UB	Universidade de Barcelona / Departamento de Ecologia	Metodologia F.E.M. para a Avaliação do Estado Ecológico dos Rios Mediterrânicos.	Protocolo GUADALMED (para o cálculo do índice IBMWP).	Espanha	Prat, N; et. al., 2012
31	UB	Universidade de Barcelona / Departamento de Ecologia	Metodologia F.E.M. para a Avaliação do Estado Ecológico dos Rios Mediterrânicos.	Protocolo MiQu (para o cálculo de índices multimétricos).	Espanha	Prat et. al. (2012)
32	CAWTHHRO	Instituto CAWTHHRO	Nº DO RELATÓRIO 2222	Revisão dos métodos de amostragem funcional e de macroinvertebrados para rios não-caminháveis.	U.S.A	CLAPCOTT et al. (2012)
33	DEEP	Departamento de Energia e Proteção Ambiental.	PARTE 1: DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	Bioavaliação rápida em córregos e rios caminháveis por monitores voluntários.	U.S.A.	Beauchene (2012)
34	CEFISA	Centro Tecnológico Florestal da Catalunha Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa Centre d'estudis dos rios mediterrânicos.	Restauração e Gestão Fluvial Ecológico.	Um manual de boas práticas de gestão de rios e margens.	Portugal	Camprodon et al. (2012)
35	CAR	Corporação Regional Autónoma de Cundinamarca.	Macroinvertebrados como Bioindicadores da Qualidade da Água.	N/D	Colômbia	Pérez (2012)
36	Governo de Espanha	Ministério da Agricultura, Alimentação e Meio Ambiente.	CÓDIGO: ML-Rv-I-2013	Laboratório de Fauna Bentônica de Invertebrados e Protocolo de Amostragem em Rios Atravessáveis.	Espanha	Governo de Espanha (2013)
37	CHEbro	Confederação Hidrográfica do Ebro.	Metodologia para o Estabelecimento do Estado Ecológico de acordo com a Diretiva Quadro da Água.	Protocolos de Amostragem e Análise para Invertebrados Bentônicos.	Espanha	Tercedor et al. (2013)

38	SESD	N/D	SESD Operating Procedure.	Amostragem de Macroinvertebrados Multi-Habitat em Riachos de Água Doce Caminháveis.	U.S.A	DORN (2013)
39	USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.	Avaliação Nacional de Rios e Riachos 2013/14.	Manual de Operações de Campo para Rios não Caminháveis / Versão 1.0	U.S.A	USEPA. (2013).
40	RIPISILVA	Departamento de Ecologia e Hidrologia da Associação dos Naturalistas do Sudeste da Universidade de Murcia (ANSE).	Projeto LIFE13 BIO / ES / 1407 (RIPISILVANATURA).	Protocolo de Acompanhamento e Avaliação das Ações do Projeto Life + Ripisilvanatura.	Espanha	RIPISILVA (2014)
41	URA	Agência Basca de Água / Uraren Euskal Agentzia.	Protocolo de amostragem.	Análise e Avaliação da Fauna Bentônica de Macroinvertebrados em Rios Fordable.	Argentina	URA (2014)
42	MMAyA	Ministério do Meio Ambiente e Águas.	Programa Nacional de Bacias Hidrográficas (PNC).	Guia para a Avaliação das Condições Biológicas de Corpos D'Água Utilizando Macroinvertebrados Bentônicos.	Bolívia	MMAyA (2014)
43	ACTÚA	Piragua	Programa de Rede de Água Abrangente.	Manual Piraguero: Qualidade Hidrobiológica da Água.	Colômbia	ACTÚA (2014)
44	PRECE	Protocolo de Avaliação de Qualidade Ecológica Rápida.	Projeto GUADALMED	Protocolo GUADALMED (PRECE)	Espanha	Jáimez-Cuéllar et al. (2002)
45	CHDeuro	Confederação Hidrográfica Duero.	Plano Hidrológico da parte Espanhola da Região da Bacia do rio Douro.	Avaliação do Estado dos Corpos D'Água.	Espanha	CHDeuro (2015)
46	CDPHE	Unidade de Dados Ambientais da Divisão de Controle de Qualidade da Água.	N/D	Procedimento Operacional Padrão de Amostragem de Macroinvertebrados Bentônicos.	U.S.A.	ROSS; THEEL (2016)
47	SENAGUA	Secretaria de Água.	Amostragem metodológica dentro do ecossistema da bacia amazônica.	Guia Metodológico para o Biomonitoramento de Macroinvertebrados e Ictiofauna na Bacia do Rio Napo.	Equador	Nugra-Salazar et al. (2016)

48	MPCA	Agência de Controle de Poluição de Minnesota.	Protocolos de Coleta de Dados de Macroinvertebrados para Águas Lóticas em Minnesota.	Coleta de amostra, processamento de amostra e cálculo de índices de integridade biótica para amostras multihabitat qualitativas.	U.S.A.	MPCA (2017)
49	NPK	Serviço Nacional de Parques.	Procedimento Operacional Padrão nº 7: Coleção de Macroinvertebrados Bentônicos.	Protocolo de Monitoramento para Córregos Wadeable da Rede dos Grandes Lagos.	U.S.A.	Elias et al. (2017)
50	HWSC	Faculdades Hobart e Willam Smith.	Instituto Finger Lakes.	Manual da Rede de Monitoramento de Fluxo.	U.S.A.	Myers et al. (2018)
51	USEPA	Divisão de Ciência e Apoio ao Ecossistema da Agência de Proteção Ambiental dos EUA.	Procedimento Operacional / SEDPROC-508-R4.	Amostragem de Macroinvertebrados Multi-Habitat.	U.S.A	USEPA (2018)
52	NEON	National Ecological Observatory Network.	Protocolo e Procedimento / NEON.DOC.003046.	Protocolo e procedimento AOS: Amostragem de Macroinvertebrados Aquáticos.	U.S.A.	Parker (2016)
53	DES	Departamento de Governo de Meio Ambiente e Ciência.	Política de Proteção Ambiental (Água) 2009.	Manual de Monitoramento e Amostragem.	Australia	DES (2018)
54	GOBIERNO DE ESPAÑA	Ministério da Transição Ecológica e do Desafio Demográfico.	Confederação Hidrográfica do Tejo.	Estado Ecológico e Químico dos Rios da Bacia do Tejo.	Espanha	CHTejo (2018)
55	DNR	Departamento de Recursos Naturais de Maryland.	Pesquisa da Corrente Biológica de Maryland.	Rodada Quatro Manual de Amostragem de Campo.	U.S.A.	Stranko et al. (2019)
56	TRAGSA	Empresa de Transformación Agraria, S.A.	TSA 0063155	Cláusulas Administrativas, Técnicas e Económicas para Contratação do Serviço de Vigilância do Estado Ecológico do Corpo D'água e da Ictiofauna do Rio Manzanares entre a Barragem de Pardo e sua confluência com o Arroyo da Trofa.	Espanha	TRAGSA (2003)
57	GVA	GOVERNO VALENCIANO	Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural, Emergência Climática e Transição Ecológica.	Plano de Monitoramento das Populações Ícticas e seu Habitat na Comunidade Valenciana.	Espanha	GENERALIT AT (2015)

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS POR CONTINENTE

Os 57 protocolos selecionados (amostra final) reúnem informação de 4 continentes: 1) América do Norte: U.S.A. (Bartram; Ballance, 1996; OPSW, 1998; Wisconsin, 2000; Canadá (CABIN, 2012) e México (CNA, 2004); 2) Europeu: Espanha (Prat *et al.*, 2000; Jáimez-Cuéllar *et al.*, 2014); Portugal (INAG I.P., 2008); e Suécia (SEPA, 2000); 3) América do Sul: Brasil (ANA; CETESB, 2011); Colômbia (Arango; Ospina, 2005; ACTÚA, 2014), Argentina (URA, 2014), Bolívia (MMAyA, 2014) e, Equador (Reyes; Peralbo, 2001; Nugra-Salazar, *et al.*, 2016) e; 4) Oceânia: Austrália (DES, 2018; AusRivAs) e Nova Zelândia (Stark *et al.*, 2001), totalizando 13 países.

Esses protocolos estão fundamentados de forma individual e/ou conjuntamente por modelos metodológicos reconhecidos. Destacaram-se os projetos no âmbito dos procedimentos baseados em diretrizes emanadas das propostas metodológicas abrangentes, tais como: Diretiva do Quadro da Água 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000; Agência de Meio Ambiente dos EUA (EPA, Environmental Protection Agency) por Barbour *et al.* 1999); Canadian Aquatic Biomonitoring Network (CABIN, 2009); AusRivAS (sistema Australiano de avaliação de rio; QUEENSLAND GOVERNMENT, 2009); Nova Zelândia pelo Ministério do Ambiente da Nova Zelândia (MNZ), neste âmbito, Stark (2001) fornecem informações adicionais sobre a história do desenvolvimento do monitoramento biológico e das técnicas operacionais empregadas na Nova Zelândia.

Adicionalmente destacam-se procedimentos inseridos no paradigma da avaliação ecológica e sociopolítica da água (MCELLIGOTT, 2006; BAPTISTA, 2008).

No Quadro 5, indica a distribuição dos 57 protocolos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos selecionados por continente.

Quadro 5 - Protocolos selecionados por continente

América do Norte	Europa	América do Sul	Oceânia
23	21	11	2

Os resultados apresentados no Quadro 5 foram graficados por forma a visualizar a percentagem por continente (Figura 2). Desta forma verifica-se que dos 57 protocolos selecionados e analisados, 40% correspondem aos EUA; 38% correspondem a protocolos na Europa; 19% na América do Sul e 3% na Oceânia.

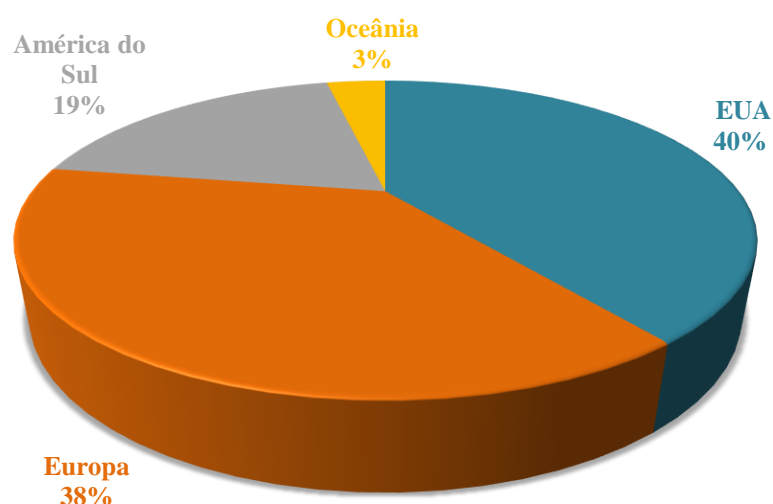


Figura 2 - Distribuição percentual dos protocolos analisados por continente.

Os resultados obtidos evidenciam o papel que os EUA têm tido na monitorização dos ecossistemas aquáticos de águas interiores. Porém, este resultado não invalida o esforço que se nota a nível global.

Continente Norte Americano

No Quadro 6, indica-se a distribuição de protocolos por países da América do Norte.

Quadro 6 - Protocolos analisados por país da América do Norte

U.S.A.	Canadá	México
20	2	1

Na América do Norte destaca-se nitidamente os EUA, com 20 protocolos, que corresponde a 87% do número de protocolos analisados neste continente (Figura 3).

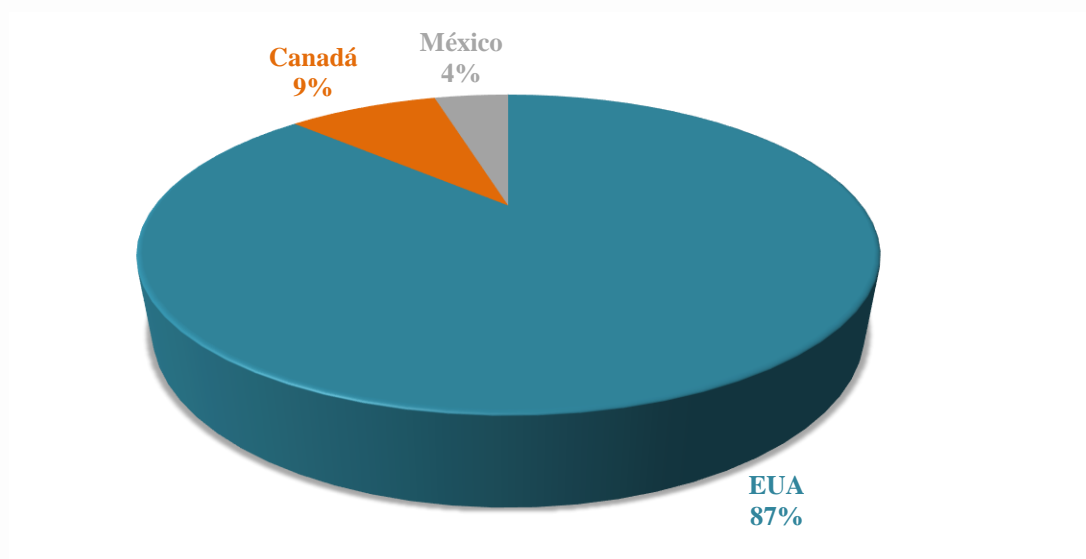


Figura 3 - Distribuição percentual dos protocolos por país da América do Norte

O número de protocolos selecionados nos EUA revela a existência de um elevado número de programas de monitorização entre os países abordados nesta pesquisa, com 41 programas. De facto, um total de 31 jurisdições possuíam declarações narrativas ou valores numéricos de bio critério como parte de seus Padrões de Qualidade (WQS) (US EPA 2002b). E desde 2001, os 50 estados americanos monitorizam os macroinvertebrados bentónicos em rios de forma sistemática, sendo o bioindicador mais utilizado na avaliação ecológica de sistemas lóticos (BAILEY et al., 2004, EPA, 2002a).

Já no Canadá, embora a maioria dos programas de monitorização biológica / bioavaliação não utilizam valores-guia legislados, existem diferentes índices multimétricos para avaliação da qualidade ecológica em rios. A CABIN, atualmente é um sistema nacionalmente padronizado de amostragem e análise de macroinvertebrados bentónicos que utiliza o modelo RCA. No desenvolvimento de CABIN, o objetivo principal tem sido estabelecer um padrão nacional de amostragem e protocolos de análise para avaliações ecológicas usando macroinvertebrados bentónicos (REYNOLDSON *et al.*, 2003). Foi desenvolvido um manual de campo e de laboratório de CABIN, sendo oferecidos programas de formação para aplicação da metodologia de campo, existindo um banco de dados, disponíveis na internet (Sistema de Informações Bentónico para Condições de Referência [BIRC]) que permite os cidadãos enviarem dados obtidos em programas de ciência cidadã.

Continente Europeu

No Quadro 7, indica-se a distribuição de protocolos analisados por país europeu considerado.

Quadro 7 - Protocolos analisados por país europeu

Espanha	Portugal	Suécia
18	2	1

Dos 57 protocolos analisados, Espanha destaca-se com 18 protocolos distintos, que corresponde a 86% dos 21 para toda a Europa (Figura 4).

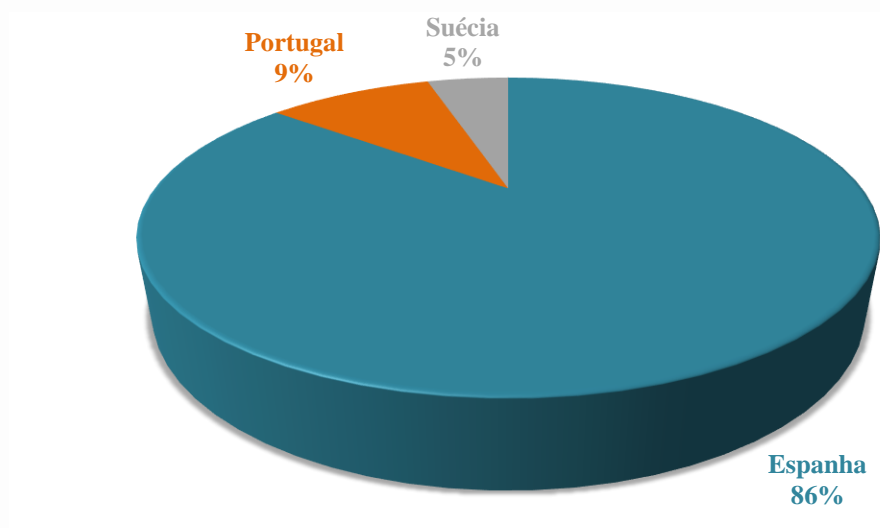


Figura 4 - Distribuição percentual dos protocolos analisados por país europeu

É importante referir que a implementação da DQA em Portugal contribuiu para o estabelecimento de um protocolo nacional que é adotado no âmbito dos Planos de Bacia a nível nacional. A DQA, sendo o principal instrumento da Política da União Europeia relativa à água, estabelece um quadro de ação comunitária para a proteção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas. Este fundamento foi transposto para o direito nacional através da Lei da Água n.º 58/2005, de 29 de dezembro (INAG, I.P., 2008).

Esta Lei, tornou-se o principal instrumento da Política da União Europeia relativa à água, que tem como objetivo definir regras destinadas a interromper a deterioração do estado das massas de água da União Europeia (UE). Neste momento, admite-se que parte significativa das águas europeias tenha que prorrogar até 2027, para o alcance do bom estado ecológico (CARDOSO-SILVA et al., 2013).

Continente da América do Sul

No Quadro 8, indica-se a distribuição de protocolos analisados por países da América do Sul.

Quadro 8 - Protocolos analisados por país da América do Sul

Brasil	Colômbia	Argentina	Equador	Bolívia
3	3	2	2	1

Analisando o Quadro 8, verifica-se uma certa consistência no número de protocolos analisados por país (o Brasil e a Colômbia com três protocolos, a Argentina e a Bolívia com dois e o Equador com um), o que surge evidente na Figura 5 com valores percentuais equivalentes.

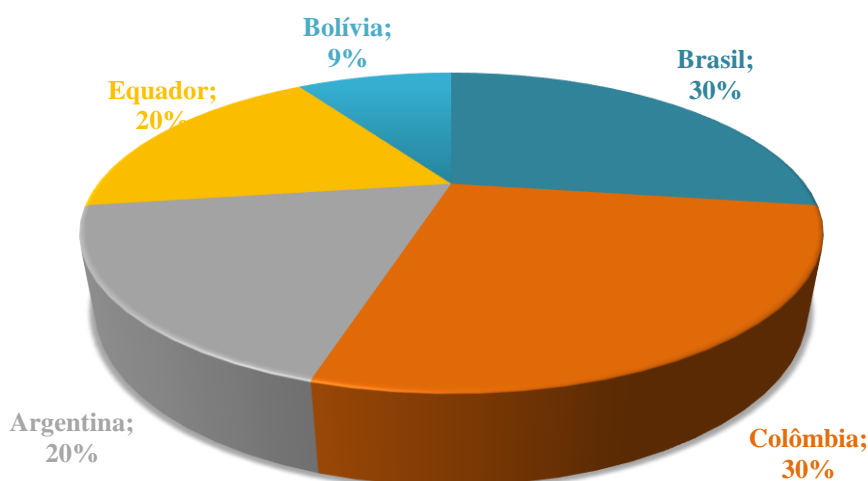


Figura 5 - Distribuição percentual dos protocolos analisados por país da América do Sul

Os resultados evidenciam o esforço que estes países têm feito para acompanhar a tendência global na avaliação dos respectivos ecossistemas aquáticos.

Concinente Oceânia

No Quadro 9, indica-se a distribuição do número de protocolos analisados por país na Oceânia.

Quadro 9 - Protocolos analisados por país na Oceânia

Austrália	Nova Zelândia
1	1

Na Oceânia, apenas foram analisados 2 protocolos, um da Austrália e outro na Nova Zelândia.

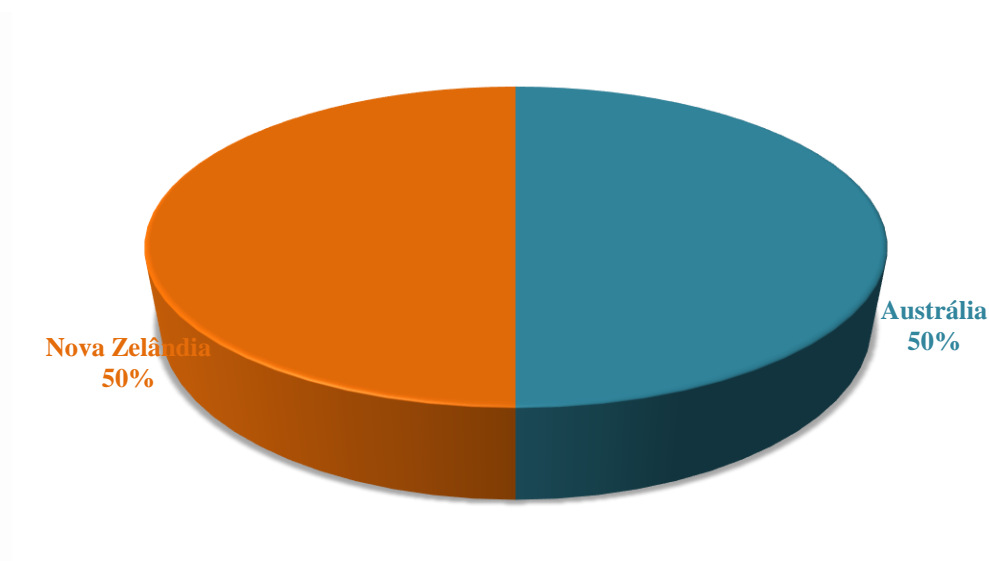


Figura 6 - Distribuições percentuais dos protocolos analisados por país da América do Sul

Na Austrália, o Sistema Australiano de Avaliação de Rio (AusRivAS) implementou consideráveis mudanças nos procedimentos amostrais e laboratoriais (Norris & Norris 1995, Parsons & Norris 1996, Simpson & Norris 2000). De acordo com site oficial da AUSRIVAS (CRC for Freshwater Ecology 2009), cada estado possui modelos construídos a partir de dados obtidos localmente combinados com dados previstos o que torna as previsões sobre a qualidade ecológica mais robustas. Na primeira avaliação nacional este modelo incluiu amostras de macroinvertebrados obtidos em 1500 locais de referência (*i.e.* não perturbados com ações antrópicas), atualmente o modelo abrange amostras obtidas em cerca de 6000 locais (Simpson & Norris 2000).

Presentemente o AusRivAS consiste num método padronizado de amostragem, com software e modelos matemáticos a cupulados, que podem ser testados para utilização em diferentes habitats aquáticos e em diferentes épocas do ano (QUEENSLAND, 2009):

Embora o AusRivAS, inclua outros elementos biológicos (peixes, diatomáceas, macrófitas e vegetação ripária), a avaliação com base no elemento biológico macroinvertebrados bentônicos é o mais desenvolvido atualmente (McElligott, 2006).

De acordo com um relatório de 2018 da Environment Australia's Departamento de Conservação e Gestão da Terra, as possíveis aplicações do sistema de avaliação biológica da AUSRIVAS ao nível estadual incluem:

1. Relatório obrigatório sobre o estado dos rios e o estado global do ecossistema (i.e. integridade ecológica);
2. Avaliação dos efeitos do programa de gestão proposto (por exemplo, Estratégia Estadual de Salinidade, Plano de Gestão Florestal, atividades das principais autoridades de captação / grupos de gestão de recursos naturais);
3. Avaliação de seções específicas do rio em resposta a pressões antropogénicas;
4. Valores de Referência para diferentes tipologias abióticas (HALSE et al. 2002).

Refira-se ainda que o AusRivAS tem sido aplicado na Nova Zelândia (STARK, 2001; JOY; DEATH, 2003), com bastante sucesso.

Relativamente à Nova Zelândia, os macroinvertebrados bentónicos são de facto o elemento biológico mais utilizado para a avaliação da integridade ecológica em sistemas lóticos (ROSENBERG; RESH, 1993; MfE, 1999). O amplo uso de macroinvertebrados na Nova Zelândia resultou numa proliferação de protocolos de campo e laboratório. Apesar de neste estudo apenas termos selecionado um protocolo para análise, as entidades com responsabilidade de gestão na Nova Zelândia utilizam diferentes métodos de campo e laboratório. Essa proliferação é compreensível em Nova Zelândia, dada à natureza independente da maioria das agências (STARK, 2001).

5.2 METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM NOS PROTOCOLOS SELECIONADOS

No Quadro 10, apresenta-se, para os protocolos selecionados, o método de amostragem (de carácter qualitativo, semi-qualitativo, quantitativo, semi-quantitativo), o equipamento de amostragem (i.e. tipo de rede), a tipologia de amostragem (habitat, ou multi-habitat). Adicionalmente é referido se o protocolo inclui igualmente procedimento laboratorial (de triagem e identificação) e se é recomendado a recolha de descritores associados tais como sejam parâmetros físico-químicos, hidromorfológicos (IHF- Índice de Habitat Fluvial: valoriza aspetos físicos do canal relacionados à heterogeneidade de habitats e altamente dependentes da hidrologia e do substrato existente) e de vegetação (QBR - Qualitat Del Bosc de Ribera: métricas utilizadas na medição do grau de cobertura vegetal da zona ripária, estrutura da cobertura, qualidade da cobertura e grau de naturalidade do canal fluvial).

As quatro primeiras colunas à esquerda fornecem os quatro tipos de métodos de amostragem, desde o semi-qualitativo até o quantitativo. Na quinta coluna fornece informações sobre os tipos de equipamentos. Na sexta estão direcionados a quantidade de habitats amostrados (único ou múltiplos). Na sétima representa a inclusão de procedimento no laboratório. Na oitava, indica se houve amostragem de água bruta in situ por meio dos parâmetros físico-químicos destinada a avaliação da concentração de substâncias do corpo d'água associadas aos bioindicadores. Na nona se a avaliação IHF (Índice de Habitat Fluvial) valoriza aspectos físicos do canal relacionados à heterogeneidade de habitats e altamente dependentes da hidrologia e do substrato existente. É um índice é composto por sete seções ou blocos, compilados em uma simples planilha de campo, que avaliam independentemente as diferentes características do habitat (PÉREZ, 2016). E por fim, o décimo parâmetro importante é QBR (Qualitat Del Bosc de Ribera) com enfoque principal na cobertura vegetal. São as métricas utilizadas na medição do grau de cobertura vegetal da zona ripária, estrutura da cobertura, qualidade da cobertura e grau de naturalidade do canal fluvial (Munné et al., 1998).

Quadro 10 – Metodologia geral dos protocolos de amostragem selecionados para o elemento biológico macroinvertebrados bentónicos

Nº	SIGLA					Equipamento	A.M	Laboratório	Físico química (FQ)	IHF	QBR	País	Autoria
		Semi- qualitativo	Qualitativo	Semi- quantitativo	Quantitativo								
1	UNEP/ WHO	-	+	-	+	Rede - D, rede Surber	+	+	+	-	-	U.S.A.	Bartram; Ballance (1996)
2	EPA	-	+	-	+	Rede - D, rede de Tela	+	+	+	-	-	U.S.A.	EPA (1996)
3	OPSW	-	+	-	-	Rede D, rede de Tela	+	+	+	-	-	U.S.A.	OPSW (1998)
4	ECOSTRIMED /F.E.M.	-	+	+	+	Rede D, rede Surber	+	+	+	+	+	Espanhã	Prat et al. (2000)
5	WISCONSIN	-	+	-	-	Rede D, rede Triangular	+	-	-	-	-	U.S.A.	Wisconsin (2000)
6	EcoCiencia	-	-	-	+	Rede de Chute, rede Surber	+	-	-	-	-	Equador	Reyes; Peralbo (2001)
7	MfE	-	-	+	+	Rede D, rede Surber	+	+	+	-	-	Nova Zelândia	Stark et al. (2001)

8	Protocolo GUADALMED (PRECE)	-	+	+	-	Red - D	+	+	+	+	+	Espanha	Jáimez-Cuéllar et al. (2002)
9	USGS	-	+	-	-	Rede - D	+	+	-	-	-	U.S.A.	Peterson, Zumberge (2001)
10	USGS	-	+	+	-	Rede - D, rede Surber	+	+	-	-	-	U.S.A	Moulton et al. (2002)
11	REFCOND	-	+	+	-	Rede - D, rede Surber	+	+	+		+	Suécia	REFCOND (2003)
12	TRAGSA	-	+	-	-	Rede - D	+	+	+	-	+	Espanhã	TRAGSA (2003)
13	CNA	-	+	-	+	Rede - D, rede Surber	+	+	+	-	-	México	Espino et al. (2004)
14	EMBRAPA	-	-	-	+	Surber	+	+	-	-	-	Brasil	Silveira et al. (2004)
15	GLOBE	+	+	-	-	Rede - D	+	+	-	-	-	U.S.A	GLOBE (2005)
16	CHebro	-	+	+	-	Rede - D	+	+	-	+	+	Espanha	CHEbro/URA (2005)
17	HUMBOLDT	-	+	-	+	Rede D-net, rede Triangular, rede Surber, rede de Tela	+	+	+	-	-	Colômbia	Arango; Ospina (2005)

18	EMBRAPA	-	-	-	+	Rede Surber, rede Hess	+	-	-	-	-	Brasil	Silveira (2006)
19	DEPLW	+	+	-	-	Rede - D	+	+	+	-	-	U.S.A.	DiFranco (2006)
20	CHEBRO	-	+	+	-	Rede - D	+	+	-	-	-	Espanha	CHEBRO (2007)
21	ProBiota/FCN y M/UNLP	-	+	+	+	Rede D, rede de Tela, rede Surber	+	-	-	-	-	Argentina	Darrigran et al. (2007)
22	INAG	+	+	+	-	Rede - D	+	+	-	-	-	Portugal	INAG, I. P. (2008)
23	DEQ	-	+	-	-	Rede - D	-	-	+	-	-	U.S.A	Hanson et al. (2009)
24	IGIC	-	-	-	+	Cilíndrico de Neil	+	-	+	+	-	Espanha	IGIC (2009)
25	CABIN	-	-	-	+	Rede D - Triangular	+	+	+	+	+	Canadá	CABIN (2009)
26	CHMiño-Sil e Cantábrico.	-	+	-	-	Rede - D	+	+	-	-		Espanha	PARDO et al. (2010)
27	ANA; CETESB	-	+	+	-	Rede Triangular, retangular ou semicircular (Rede D), rede Hess, rede Surber	+	-	+	-	-	Brasil	ANA; CETESB (2011)
28	CABIN	-	-	-	+	Rede D - Triangular	+	+	+	+	+	Canadá	CABIN (2012)

29	F.E.M	-	+	+	+	Rede - D, rede Surber	+	+	+	+	+	Espanha	Prat, N; et. al., 2012
30	<i>ECOBILL</i>	-	+	-	-	Rede -D	+	+	-	-	-	Espanhã	Prat, N; et. al., 2012
31	<i>GUADALMED</i>	-	+	-	-	Rede-D	+	+	-	-	-	Espanha	Prat, N; et. al., 2012
32	<i>MiQu</i>	-	-	-	+	Rede Surber	+	+	-	+	+	Espanhã	Prat, N; et. al., 2012
33	CAWTHRON	-	+	-	+	Rede D, rede Hess, rede Surber	+	+	+	+		U.S.A	CLAPCOTT et al. (2012)
34	DEEP	-	+	-	-	Rede - D	+	+	-	-	-	U.S.A.	Beauchene (2012)
35	CEFISA	+	-	-	-	Rede D -Triangular	+	+	+	+	+	Portugal	Ferreira (2012)
36	CAR	-	+	-	+	Rede D-Triangular, rede de Tela, rede Surber	+	+	+	-	-	Colômbia	Pérez (2012)
37	GOBIERNO DE ESPANÁ	+	+	+	+	Rede - D	+	+	+	-	-	Espanha	Governo de Espanha (2013)
38	Governo de Espanhã	-	+	-	+	Rede - D	+	+	-	-	-	Espanha	Governo de Espanhã (2013)
39	CHEbro	-	+	+	-	Rede - D	+	+	-	-	-	Espanha	Tercedor et al. (2013)
40	SESD	-	+	-	-	Rede - D	+	-	-	-	-	U.S.A	DORN (2013)

41	USEPA	-	+	-	-	Rede - D	+	-	-	-	-	U.S.A	USEPA. (2013).
42	RIPISILVA	-	+	-	-	Rede - D	+	+	+	+	+	Espanhã	RIPISILVA (2014)
43	URA	-	+	+	-	Rede - D	+	-	-	-	-	Argentina	URA (2014)
44	MMAyA	-	-	-	+	Surber	+	+	-	-	-	Bolivia	MMAyA (2014)
45	ACTÚA	+	+	-	+	Rede - D, rede Surber	+	-	-	-		Colômbia	ACTÚA (2014)
46	CHDeuro	-	+	+	-	Rede -D	+	+	-	-	-	Espanha	CHDeuro (2015)
47	GVA	+	+	-	-	Rede - D	+	-	-	+	+	Espanha	GENERALITAT (2015)
48	CDPHE	-	-	+	-	Rede - D	+	+	-	-	-	U.S.A.	ROSS; THEEL (2016)
49	SENAGUA	-	+	+	+	Rede D, rede Triangular, rede de Tela, Surber	+	+	+	-	-	Equador	Nugra-Salazar et al (2016)
50	MPCA	-	+	-	-	Rede - D	+	-	-	-	-	U.S.A.	MPCA (2017)
51	(NPK) SNP	-	+	-	-	Rede - D	+	-	-	-	-	U.S.A.	Elias et al. (2017)
52	HWSC	-	+	-	-	Rede - D	-	-	-	-	-	U.S.A.	Myers et al. (2018)
53	USEPA	-	+	-	+	Rede - D	+	-	-	-	-	U.S.A.	USEPA (2018)

54	DES	-	+	-	+	Rede - D	+	+	+	-	+	Austrália	DES (2018)
55	GOBIERNO DE ESPANÃ	+	+	+	+	Rede - D	+	+	+	-	-	Espanha	Governo de Espanha (2013)
56	DNR	+	+	-	-	Rede - D	+	+	+	-	-	U.S.A.	Stranko et al. (2019)
57	GVA	-	+	+	+	Rede - D	+	-	+	+	+	Espanha	GENERALITAT (2015)

+ : Presença

- : Ausência

A partir do Quadro 10, construiu-se o Quadro 11 que sumariza as informações globais, agregadas em 5 variáveis.

Quadro 11 - Variáveis agregadas que sumarizam a informação referida o Quadro 10

A.M.	A.M/Lab	A.M/FQ	A.M/ Lab/FQ	AM / IHF	A.M / QBR	A- M/LAB/ FQ/QBR	A.M/Lab /FQ/IHF	Todos
11	11	7	10	1	2	2	1	6

A.M.: Amostragem de Macroinvertebrados.

Lab.: Tratamento laboratorial.

FQ.: Físico-Químico.

IHF.: Informação Físico-Química, Hidromorfológica.

QBR: Avaliação da Zona Ripária.

Dos protocolos analisados em sua correlação, em sua maioria inclui procedimentos de Amostragem de Macroinvertebrados, juntamente também com Amostragem de Macroinvertebrados e laboratório com 11 cada. Sendo a análise de Macroinvertebrados na sua predominância da correlação de tratamento laboratorial em conjunto com a informação físico-química, representando de forma significativa com 10. Contudo, com apenas um propondo protocolos incluindo a avaliação das características hidromorfológicas associadas ao troço/local em análise e análises suplementares de parâmetros físico-químicos com 7. É menos frequente a inclusão da componente relativa à vegetação (apenas 2) protocolos incluem a aplicação do QBR associada à avaliação da qualidade ecológica para os macroinvertebrados bentônicos. Ocorre também, sobre a amostragem em conjunto com as análises laboratoriais, físico químicas e vegetação (QBR) com apenas 2, e para a análise da amostra, com laboratório em conjunto com IHF com apenas um. Bem como, com apenas um para o fator de amostragem juntamente com a análise laboratoriais quando combinados a análise físico químicas e IHF. É interessante verificar que 6 protocolos fazem uma avaliação integral que inclui amostragem e tratamento laboratorial das amostras com cálculo dos índices para a avaliação ecológica para o elemento biológico macroinvertebrados bentônicos, associada a informação físico-química, hidromorfológica (IHF) e vegetação (QBR).

Verifica-se assim que (Figura 7):

21% dos protocolos analisados abordaram somente procedimentos de amostragem de campo para os macroinvertebrados com recurso a uma única técnica;

21% dos protocolos analisados incluem procedimentos de amostragem de campo e análise laboratorial com indicação dos índices de avaliação da qualidade ecológica para os macroinvertebrados bentônicos;

20% dos protocolos analisados englobam amostragem de Macroinvertebrados na sua predominância da correlação de tratamento laboratorial em conjunto com a informação físico-química;

14% dos protocolos para além dos procedimentos de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos, referem à importância de se efetuar análises físico-químicas com recurso a medição de parâmetros imediatos e colheita de água;

12% dos protocolos analisados integram todas as componentes, ou seja, procedimentos de campo e de laboratório, análises físico-químicas, hidromorfologia e vegetação;

4% dos protocolos analisados associa a avaliação da componente relativa à vegetação aos procedimentos de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos;

4% dos protocolos analisados sobre a amostragem em conjunto com as análises laboratoriais, físico-químicas e vegetação (QBR);

2% dos protocolos analisados associam a avaliação da hidromorfologia aos procedimentos de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos.

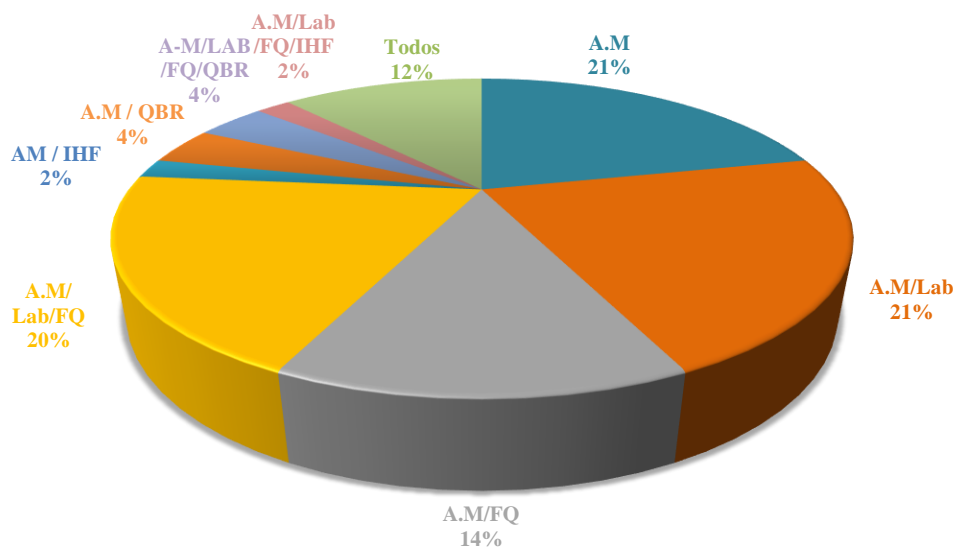


Figura 7 - Representatividade das variáveis incluídas dos protocolos de amostragem de macroinvertebrados bentônicos

5.2.1- EQUIPAMENTO DE CAMPO

Existem vários tipos de equipamentos para amostragem de macroinvertebrados bentônicos, concebidos para amostragem em rios e ribeiras pouco profundas.

Todos exibem algum tipo de seletividade, pelo que a seleção do amostrador é definida em função do objetivo do trabalho, do tipo de sistema objeto de estudo e, frequentemente também do substrato presente no local (ANA/CETESB, 2011).

Nesse contexto, descrevem-se os diferentes equipamentos de amostragem para rios e ribeiras com profundidade inferior a 50 cm, proposto pelas entidades com responsabilidade na Gestão ou na definição de regras e procedimentos a nível global (EPA-Agência de Proteção Ambiental dos EUA; Austrália no Programa Nacional de Saúde Fluvial, e a DQA- Diretiva Quadro Água da Europa). Adicionalmente, referem-se os equipamentos utilizados em várias publicações consideradas de referência, tendo em consideração o objetivo geral do presente trabalho (e.g. KLEMM et al., 1990; BRANDIMARTE et al., 2004; KUHLMANN; WATANABE; KOBAYASHI, 2006; CETESB, 2011b). Estes trabalhos fornecem as ferramentas necessárias para conduzir uma avaliação ecológica consistente, comparável e cientificamente credível para ecossistemas aquáticos continentais de características lóxicas.

De maneira geral, os equipamentos são manuseados por técnicos especializados, e também cidadãos que obtiveram formação.

Os equipamentos de amostragem são redes com especificidades próprias (e.g. dimensão, malha da rede, etc), selecionadas de acordo com o objetivo do trabalho. Dentro delas destacam-se: rede de chute; rede de imersão em estrutura D; rede de imersão retangular; Surber, Hess. As redes são de nylon com malha padronizada que pode variar de dimensão em função dos objetivos do trabalho (igual ou inferior a 500-750 μm). No Quadro 12 apresentam-se as características das diferentes redes, nome, descrição, dimensão.

Quadro 12 - Equipamentos de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos em rios e ribeiras

Tipo de rede	Descrição	Dimensão da malha	Nível taxonômico
Rede de chute	As dimensões da rede são de 1 metro (m) x 1 m presas a 2 postes e funcionam de maneira semelhante a uma rede de cerco com chute de peixe. É mais eficiente para amostragem de substrato de calçada (ou seja, corredeiras e corridas), onde a velocidade da água transporta organismos desalojados para a rede. Projetado para amostrar 1 m ² de substrato por vez e pode ser usado em qualquer profundidade, de alguns centímetros a pouco abaixo de 1 m (Nota: profundidades de 1 m ou mais serão difíceis de serem amostradas com qualquer equipamento).	300-500 μm	Família e / ou gênero; abundância
Rede de imersão em estrutura D	As dimensões da estrutura têm 0,3 m de largura e 0,3 m de altura e são modeladas como um "D", onde a estrutura é presa ao poste longo. A rede é cônica ou em forma de saco para captura de organismos. Pode ser usado em uma variedade de tipos de habitat e usado como rede de chute ou para "jabbing", "imersão" ou "varredura".	500 μm	Família e / ou gênero; abundância
Rede de imersão retangular	As dimensões da estrutura são de 0,5 m de largura e 0,3 m de altura e presas a um poste longo. A rede é cônica ou em forma de saco. A amostragem é conduzida de forma semelhante ao D-frame.	250-300 μm (macroinvertebrados) 100 μm (microcrustáceos).	Família e / ou gênero; abundância.
Surber	As dimensões do quadro são de 0,3 m x 0,3 m, que são colocadas horizontalmente no substrato de calçada para delinear uma área de 0,09 m ² . Uma seção vertical da estrutura tem a rede presa e captura os organismos deslocados da área de amostragem. É restrito a profundidades inferiores a 0,3 m.	500 μm	Família e / ou gênero
Hess	As dimensões da estrutura são um cilindro de metal com aproximadamente 0,5 m de diâmetro e amostras de uma área de 0,8 m ² . É um projeto avançado do Surber e destina-se a impedir a fuga de organismos e a contaminação por deriva. É restrito a profundidades inferiores a 0,5 m.	500 μm	Família e / ou gênero; abundância

Fonte: CHEbro (2005); EPA (2017). Adaptado pelo autor.

Como referido anteriormente, a dimensão da malha das redes pode variar em função dos objetivos do trabalho. Contudo de acordo com as normas Internacionais (EN 27828: 1994 e EN 28265: 1994), os tamanhos recomendados apresentam-se no Quadro 13.

Quadro 13 - Dimensões da malha das redes para amostragem de macroinvertebrados bentónicos, recomendadas em normas internacionais (EN 27828: 1994 e EN 28265: 1994).

Tipos de estudo	Tamanho máximo de abertura	Comentários
Monitoramento de rotina de qualidade biológica, através do uso de índices bióticos.	500-750 μm	Representatividade reduzida dos primeiros estágios de desenvolvimento (principalmente em insetos).
Monitoramento da qualidade biológica começando de inventários mais completos de <i>taxa</i> presente.	500 μm	Captura de um maior número de indivíduos.
Estudos que recomendam listagem dos <i>taxa</i> identificados.	250 μm	Garante a captura dos primeiros estágios e de organismos de reduzida dimensão. Menos comuns em programas de monitorização para a avaliação da qualidade ecológica

Em relação aos 57 protocolos objeto de estudo, no Quadro 14 e na Figura 8 pode-se observar a representatividade dos diferentes métodos de amostragem.

Os resultados revelam uma maior preponderância da rede de imersão em estrutura D, utilizada em amostragens semi-quantitativas. A segunda maior representatividade, embora distanciada do método anterior, é a amostragem com surber que fornece dados quantitativos, normalmente expressos em organismos por metro quadrado. Os restantes métodos são residuais, com uma representatividade que varia entre 3 (Rede de imersão triangular), 6 (rede de chute), 3 (Hess) e 1 (Cilíndrico de Neil, técnica presente num único estudo da Espanha (IGIC, 2009)).

Quadro 14 - Equipamentos de amostragem (tipo de redes) utilizados para amostragem de macroinvertebrados bentónicos nos protocolos analisados

Rede de imersão em estrutura D	Surber	Rede de imersão Triangular	Rede de Chute	Hess	Cilíndrico de Neil
34	19	8	6	3	1

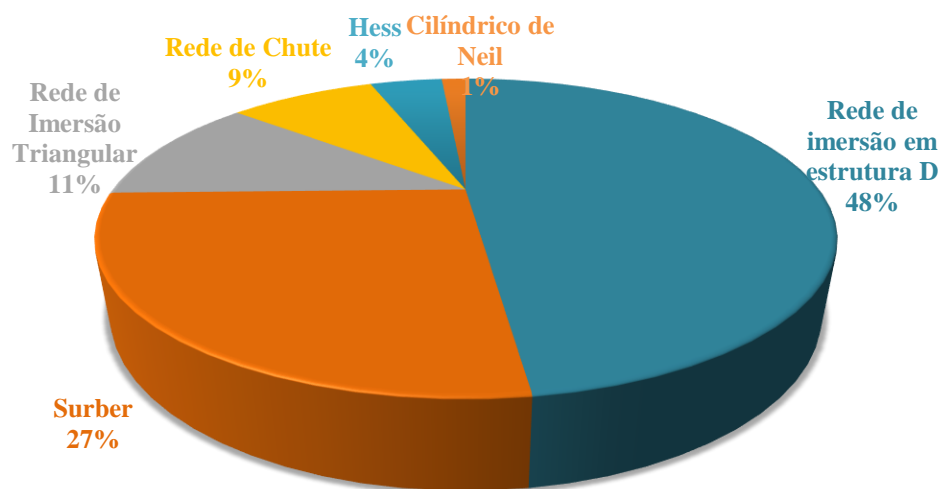


Figura 8 - Distribuição percentual do tipo de rede utilizada para amostragem dos macroinvertebrados bentônicos nos protocolos analisados

5.3 DESCRITORES COMPLEMENTARES DE PROTOCOLO

Alguns autores referem a importância de, simultaneamente com a amostragem dos macroinvertebrados bentónicos, se faça uma avaliação com base noutros descritores do sistema, (e.g colheita de amostras de água) para análises complementares que possam explicar a qualidade ecológica observada. (STARK et al., 2001; BARBOUR et al., 1999). Nesse sentido é frequente proceder-se a:

1. Amostra dos macroinvertebrados bentónicos;
2. Medições de variáveis que descrevem as características ambientais, incluindo, variáveis de habitat e de qualidade da água (*i.e* físico-química).

Esta abordagem designa-se por “abordagem multicritério”, é o que no fundo está na base dos requisitos da Directiva Quadro da Água (DQA) que para a avaliação da qualidade ecológica considera: 4 elementos biológicos (diatomáceas, macroinvertebrados bentónicos, macrófitos, peixes); elementos de qualidade química e físico-química de suporte; poluentes específicos; e elementos de qualidade hidromorfológica.

É evidente que o que se pretende neste trabalho não é a compilação de protocolos para a avaliação da qualidade ecológica global, mas sim a definição de um protocolo de amostragem para os macroinvertebrados bentónicos. No entanto, para este elemento biológico é importante seleccionar algumas variáveis de suporte que tornem a avaliação mais robusta.

Nesse sentido, com base nos protocolos analisados, seleccionaram-se descritores gerais de caracterização do local de amostragem (características gerais, habitats, variáveis complementares, sinais de pressão humana; presença de discontinuidades hidrológicas) para um sistema lótico que devem ser registadas numa ficha de campo ou registadas numa aplicação desenvolvida para o efeito (Quadro 15).

Quadro 15 - Descritores gerais de caracterização do local de amostragem para um sistema lótico

Características gerais do local	Habitas presentes	Informação sobre variáveis complementares medidas e analisadas	Registo de sinais de pressão humana e de descontinuidades
1. Nome do local; 2. Coordenadas geográficas tiradas a montante e a jusante da amostragem; 3. Fotografias (mínimo duas: uma para montante outra para jusante); 4. Desenho esquemático do local com indicação dos locais de amostragem (caso de multi-habitats); 5. Condições climáticas no local da amostragem.	1. Características do fluxo de água; 2. Características da vegetação ripícola (grau de cobertura/ensombramento); 3. Tipos de macrófitos presentes; 4. Características do substrato em termos de granulometria.	1. Medição de parâmetros imediatos da água (Oxigénio Dissolvido, ph, temperatura, condutividade, turvação); 2. Medição do caudal em transeptos; 3. Cheiro da água; 4. Registo sobre eventual recolha de amostras de água para análise físico-química.	1. Presença de lixo; 2. Presença de pontes/açudes ou outros obstáculos; 3. Outras informações.

5.4 PROPOSTA DE UM PROTOCOLO PARA A AMOSTRAGEM DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS ADAPTADO À REALIDADE DE RIOS BRASILEIROS DE MÉDIA PEQUENA DIMENSÃO

O Protocolo proposto tem como objetivo criar um procedimento de amostragem que permita a avaliação da qualidade ecológica para os macroinvertebrados em rios de pequena grande dimensão (bacia < 100 km²; bacia > 100 Km² e <100 km²). Par tal foram seguidas as diretrizes contempladas nas seguintes agências/entidades a nível internacional: Diretiva Quadro da Água)2000/60/); Agência de Ambiente dos EUA (EPA, Environmental Protection Agency); Canadian Aquatic Biomonitoring Network (CABIN). Foram também consideradas recomendações de protocolos individuais e artigos científicos da área de especialização (e.g. PLAFKIN *et al.*, 1989; BARBOUR *et al.*, 1996, 1999; ROSENBERG; RESH, 1993; PRAT *et al.*, 2000; STARK, 2001; PARDO, 2010; DES, 2018).

O método proposto é de características semi-quantitativas, utilizando para tal uma rede de imersão retangular ou uma rede de imersão em estrutura D com rede de malha calibrada de 500 µm. Optou-se por este tipo de redes devido à facilidade de manuseamento. O método é multi-habitat, o que requer uma avaliação/estimativa dos habitats presentes bem como das suas respetivas representatividades, no troço de amostragem. Este deve ser determinado após medir a largura da zona do canal e

multiplicar por 6. Após quantificação dos habitats, efetuam-se 6 arrastos divididos proporcionalmente pelos habitats identificados.

Nesse sentido é importante fazer uma caracterização dos habitats presentes, assim, antes de iniciar a amostragem, todos os habitats existentes no troço/localo de amostragem devem ser identificados. Estes habitats são definidos com base em diferentes combinações de profundidade (profundidade rasa), velocidade da água (rápida, médio, lento), natureza do substrato (rochas e rochas grandes, rochas médias, cascalho, areia e lodo) e presença de vegetação (hidrófitas ou helófitas). A combinação desses fatores define os seguintes habitats: 1) substrato duro e corrente forte (áreas lóticás); 2) substrato rígido e corrente moderada - lenta (zonas lênticas); 3) macrófitas ou macroalgas emergentes.

No Quadro 16 apresenta-se uma descrição do Protocolo que contempla a recolha de descritores gerais de caracterização do local de amostragem e a descrição dos habitats presentes, antes de efetuar o procedimento de amostragem.

Quadro 16. Descrição do Protocolo de amostragem: caracterização do local de amostragem; descrição dos habitats presentes procedimento de amostragem

Descritores		Procedimentos
1	Determinar do troço de amostragem	1. Seis vezes a largura da zona de canal do rio (entre as duas margens).
2	Caracterização do local de amostragem.	1. Nome. 2. Bacia hidrográfica. 3. Data. 4. Coordenadas da localização tiradas de jusante para montante, no início e final do troço de amostragem. 5. Registo fotográfico no mínimo nos sítios onde se registaram as coordenadas geográficas. 6. Desenhe esquemático com a identificação dos habitats e sua representatividade com marcação dos 6 ^a arrastos que constituem a amostragem global. 7. Registo das condições climatéricas no momento da amostragem.
3	Caracterização dos habitats presentes.	1. Características da vegetação ripícola, com 3 categorias (complexa, simples, uniforme) macrófitos: quantidade de plantas aquáticas ou vegetação presente; tipo de macrófitos (submersos, emergente, flutuante). 2. Tipos de fluxo de água: presença de zonas de transporte (riffles), de sedimentação (pools) 3. Opcional, registo do caudal através de medição da velocidade da corrente e da profundidade ao longo de um transepto transversal. 4. Opcional, registo dos parâmetros imediatos da água com sonda apropriada (od, temperatura, ph, condutividade). 5. Opcional, colheita de amostras de água para análise físico-química em laboratório. 6. Registo de presença de sinais de pressão humana (e.g. Lixo, cheiro da água, cor, passagens a vau). 7. Registo de discontinuidades hidrológicas (e.g. Presença de açudes, pontes). 7. Registo da ocupação de solo até 50m de cada margem.

4	<p>Procedimento de amostragem de macroinvertebrados com rede de arrasto: imersão retangular ou rede de imersão em estrutura D.</p>	<p>1. Efetuar 6 arrastos distribuídos pelos habitats presentes de forma proporcional à sua representatividade. Os arrastos são efetuados contra a corrente, de jusante para montante, removendo o sedimento/substrato de fundo com os pés e encaminhando o material desalojado para dentro da rede.</p> <p>2. Transferir o material amostrado para um tabuleiro de plástico com água do rio e posteriormente colocar esse material em frascos de plástico.</p> <p>3. Se a triagem não for efetuada localmente, preservar as amostras com álcool a 90% ou com uma solução de formaldeído a 37% (fixador bastante eficaz)</p> <p>4. É importante limpar a rede com água em abundância após cada amostragem para evitar a contaminação de amostras entre pontos diferentes.</p> <p>5. Devem se ter cuidados especiais na desinfecção dos equipamentos na amostragem de locais com sinais de grande contaminação para evitar o transporte de organismos patógenos para outros locais.</p>
---	--	---

Uma vez que a amostragem pode variar em função do tipo de habitat, no Quadro 17 apresenta-se uma descrição mais detalhada do procedimento de amostragem em função do tipo de substrato e no Quadro 18 identificam-se os habitats mais comuns em rios. Complementarmente no Quadro 19 apresentam-se alguns aspetos a ter em consideração para garantia e controle de qualidade da amostragem.

Quadro 17 - Amostragem em função do tipo de habitat

Amostragem de acordo com o tipo de habitat	<p>1. Substratos duros e áreas lóxicas.</p> <p>1.1. Em águas com menos de 50 cm de profundidade, a rede está localizada a jusante da área a ser amostrada e de frente para o riacho.</p> <p>1.2. Os substratos são removidos e virados raspando-os com a mão; dessa maneira, todos os organismos que se destacam do substrato são arrastados pela corrente e introduzidos na rede.</p> <p>1.3. As pedras são examinadas e todos os táxons que aparecem ligados a elas são coletados. Eles mexem os melhores depósitos inferiores para desalojar qualquer organismo. Se as pedras tiverem um diâmetro inferior a cerca de 10 cm, deve mexa com os pés e colete o material com o rede contracorrente.</p> <p>1.4. Em águas com profundidades entre 50 cm e 1 m, onde a amostragem manual não é possível, a mesma operação deve ser realizada com os pés.</p> <p>1.5. O objetivo é remover pelo menos os 10 primeiros 15 cm de profundidade do substrato.</p> <p>1.6. Este processo é repetido em várias áreas lógicas durante toda a temporada de amostragem até que novos ataques não tragam novas famílias.</p> <p>2. Substratos duros e zonas lenticas. Em áreas de remanso</p> <p>2.1. A montante das barragens, um intenso movimento deve ser feito com a rede para coletar todos os materiais que podem ser suspensos.</p> <p>2.2. Se houver pedras no substrato, elas devem ser removidas com cuidado para raspá-los com mão dentro da rede, certificando-se de que tudo organismo ligado à pedra passa para a rede.</p> <p>3. Vegetação aquática.</p> <p>3.1. A rede deve ser passada entre vegetação, raízes submersas e macrófitas existente na estação de amostragem e mova o substrato com a ajuda de botas.</p> <p>3.2. Todo o material e organismos suspensos devem ser coletados que estão ligados à vegetação.</p> <p>4. Areia, cascalho ou lama.</p> <p>4.1. O fundo deve ser removido com mãos ou pés, dependendo da profundidade e coletar com a rede o material que transporta a corrente ou permanece em suspensão.</p> <p>4.2. Como já indicado, o material coletado deve ser esvaziado periodicamente em baldes brancos aos quais a água foi adicionada anteriormente. Isso impedirá que a rede amostragem está entupida e organismos que pode ser varrido pela corrente.</p>
--	--

Quadro 18 - Identificação de habitats em rios

<p>Identificação dos tipos de habitat /Características do substrato.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Substratos duros: rochas, pedras e cascalho predominantes em áreas de corredeiras. Dominante na maioria dos cursos altos e menos frequentes nos cursos inferiores. 2. Detritos de vegetais (lixo, troncos de diferentes calibres): detritos e outros detritos vegetais que permaneceram submersos por um tempo relativamente longo (não apenas caído) fornecem excelente colonização. 3. Bancos Vegetativos: bancos submersos, com raízes e plantas emergentes associadas a eles. 4. Macrófitos submersos: são sazonais e podem não estar presentes em todos os canais. 5. Areia e outros sedimentos finos: geralmente em áreas de baixa corrente e associadas a os bancos, embora possa ser predominante em alguns canais.
--	--

Quadro 19 - Garantia e Controle de Qualidade da Amostragem de macroinvertebrados bentônicos em rio

<p>Garantia e controle de qualidade (QA / QC) em amostragem de macroinvertebrados.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antes da amostragem é fundamental a formação presencial dos técnicos/pessoal que executa a amostragem. 2. Deve-se garantir que todas as folhas de dados sejam preenchidas correta e completamente antes de deixar o local. 3. Os técnicos de campo devem determinar se os dados são razoáveis antes de deixarem o campo e, caso contrário, as medições devem ser repetidas antes de sair. 4. É importante que o controle de qualidade / CQ seja concluído em 10% de todas as amostras tiradas usando o protocolo. Isso significa que em cada dez locais amostrados, todo o processo deve ser repetido em duplicado dentro do local para fornecer alguma garantia da variabilidade espacial associada à comunidade bentônica e às medições de habitat.
--	---

Com o presente trabalho pretende-se propor um método de amostragem para os macroinvertebrados bentônicos, aplicável a rios no Brasil. No entanto, é importante conhecer os diferentes tipos amostragem para os macroinvertebrados bentônicos em rios, por forma a que a escolha do método seja o que melhor se aplica à questão da investigação e aos seus objetivos definidos. Aspectos essenciais para a obtenção do sucesso na realização dos procedimentos de amostragem de macroinvertebrados.

Nesta abordagem, a partir da reflexão crítica, cada investigador deve desenvolver seu próprio design de estudo que aborde questões locais específicas. Embora as questões e objetivos variem, é importante seguir as mesmas diretrizes para garantir a compatibilidade dos dados obtidos, para comparações a nível local, regional, nacional e até a nível internacional.

É evidente que nada é estático, pelo que o presente protocolo está sujeito a alterações e adaptações em função do progresso científico na área do estudo das comunidades dos macroinvertebrados aquáticos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho buscou-se delinear, identificar, caracterizar e descrever o perfil da produção científica e a evolução do tema sobre amostragem de macroinvertebrados em protocolos publicados pelas principais agências de avaliação da qualidade da água das áreas administrativas do continente Europeu, Norte Americano, Sul-Americano e Oceânia.

Como resultado, espera-se que o protocolo proposto contribua para uma metodologia de amostragem aplicável a rios rasos no Brasil ((bacia < 100 km²; bacia > 100 Km² e <100 km²), permitindo avaliar a comunidades de macroinvertebrados.

Contudo é importante referir que o procedimento de amostragem pode ter que ser adotado a características ambientais específicas. É nesse sentido que a pesquisa bibliográfica efectuada consolida um entendimento dos principais métodos da avaliação utilizados nos 57 protocolos utilizados nos diferentes continentes.

É importante referir que o protocolo proposto, é compatível com outros procedimentos semi-quantitativos utilizados noutras regiões do mundo, nomeadamente Portugal. Facto que permite efectuar estudos comparativos e prosseguir o estudo da comunidade de macroinvertebrados em habitats que distanciados geograficamente possuem características comuns, como são, por exemplo, os rios intermitentes que apresentam parte do seu ciclo hidrológico com água estagnada em pegos, ou mesmo secos.

Seria interessante que outros trabalhos fossem desenvolvidos com intuito de debater questões sobre a estrutura metodológica proposta para que haja de fato a adaptação efetiva de um protocolo em programas de monitorização nacionais.

Deve ser salientado que mesmo existindo capacidade científica para avançar na incorporação de novos instrumentos metodológicos, é essencial que haja decisão política, adequação institucional e rigor na aplicação destes novos instrumentos.

Neste contexto, seria interessante dar continuidade ao trabalho abordado nesta tese, visto que algumas melhorias podem ser adicionadas ao protocolo. Entre elas podem-se enumerar alguns procedimentos adicionais relacionados, com:

- ✚ Estudar rios de diferentes bacias, por forma a definir as condições de referenciais para as diferentes regiões;

- ✚ Testar equipamentos de amostragem alternativos;
- ✚ Estudar a aplicabilidade de diferentes índices e métricas para avaliar a qualidade ecológica;
- ✚ Propor sistemas de classificação com diferentes classes de qualidade
- ✚ Melhorar a divulgação dos protocolos de macroinvertebrados através da construção de uma rede virtual para divulgação de dados monitorizados;

7. REFERÊNCIAS

ALBA-TERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUELLAR, P., ÁLVAREZ, M., AVILÉS, J., BONADA, N., CASAS, J., MELLADO, A., ORTEGA, M., PARDO, I., PRAT, N., RIERADEVALL, M., ROBLES, S., SÁINZ-CANTERO, C.E., SÁNCHEZ-ORTEGA, A., SUÁREZ, M.L., TORO, M., VIDAL-ABARCA, M.R., VIVAS, S. Y C. ZAMORA-MÚÑOZ (2004). Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP'). *Limnetica* (2002) 21(3-4): 175-185.

ANGRISANO, E. B. Insecta Trichoptera. In: LOPRETTO, E. C.; TELL, G. (Ed.). *Ecosistemas de águas continentales: metodologias para su estudio*. La Plata: Ediciones Sur, 1995. v. 3, p. 1199-1237.

BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecol. Bras.*, v.12, n.3, p.425-441, 2008.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; GRIFFITH, G.E.; FRYDENBORG, R.; McCARRON, E.; WHITE, J. S. & BASTIAN, M.L. 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 15: 185-211.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. Washington: U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, EPA 841-B-99-002.

BEAUCHENE, M. *Rapid Bioassessment in Wadeable Streams & Rivers by Volunteer Monitors*. Part 1: Program Description. Version 3, 2012.

BONADA, N. et al. (2002). Intercalibración de la metodología GUADALMED. Selección de un protocolo de muestreo.

BOOTHROYD, I.K. G; STARK, J.D. 2000: Use of invertebrates in Monitoring In: *New Zealand Stream Invertebrates: Ecology and implications for management*. Collier K. & Winterbourn, M. J. eds. New Zealand Limnological Society, Hamilton. Pp. 344-373.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde*. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p. 1. Controle da qualidade da água. 2. Aspectos Técnicos. I. Título.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):465-473, mar-abr, 2003.

CABIN Staff Contacts: <http://ec.gc.ca/rcba-cabin/default.asp?lang=En&n=CBD138D4-1>

CABIN website: <http://ec.gc.ca/rcba-cabin/>

CABIN, 2009. Field Manual

CABIN, 2012. Field Manual

CAMPRODON, J; FERREIRA, M. T.; ORDEIX, M. FERREIRA. RESTAURACIÓN Y GESTIÓN ECOLÓGICA FLUVIAL: Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas, 2012.

CAMPRODON, J; FERREIRA, M. T.; ORDEIX, M. FERREIRA. RESTAURACIÓN Y GESTIÓN ECOLÓGICA FLUVIAL: Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas, 2012.

CARVALHO, A. L.; CALIL, E. R. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. Papéis Avulsos de Zoologia, v. 15, n. 41, p. 223-241, 2000.

CARVALHO, A. L.; CALIL, E. R. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, adultos e larvas. Papéis Avulsos de Zoologia, v. 15, n. 41, p. 223-241, 2000.

CETESB. 2002. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: CETESB, 2002. 274 p. (Série Relatórios). Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/rede_monitoramento.asp. ANGRISANO, E. B. Insecta Trichoptera. In: LOPRETTO, E. C.; TELL, G. (Ed.). Ecosistemas de águas continentales: metodologias para su estudio. La Plata: Ediciones Sur, 1995. v. 3, p. 1199-1237.

CHEBRO (2008) **Documentación Previa para su Análisis**. Plan hidrológico del río Aragón.

CLAPCOTT, J.; PINGRAM, M.; COLLIER, K. J. Review of Functional and Macroinvertebrate Sampling Methods For Non-Wadeable Rivers, 2012.

CLAPCOTT, J.; PINGRAM, M.; COLLIER, K. J. Review of Functional And Macroinvertebrate Sampling Methods For Non-Wadeable Rivers, 2012.

Comissão Europeia. 2000 - Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do

COMISSÃO EUROPEIA. 2000 - Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Comunitária no Domínio da Política da Água. Jornal Oficial das Comunidades Concelho de 23 de outubro de 2000, que estabelece um Quadro de Acção Comunitária no Domínio da Política da

Água. Jornal Oficial das Comunidades Concelho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um Quadro de Acção.

Comunitária no Domínio da Política da Água. Jornal Oficial das Comunidades

Concelho de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um Quadro de Acção

CRANSTON, P. S.; OLIVER, D. R.; SAEETHER, O. A. The larvae of Orthoclaadiinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region – keys and diagnosis. In: WIEDERHOLM, T. (Ed.). Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnose. Part I: Larvae. Ent. Scan., v. 19, suppl., p. 149- 291, 1983.

CUMMINS, K.W.; MERRITT, R.W. ANDRADE, P.C.N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and river in south Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment. Abril, 2005.

DELS RIUS. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Departament d'Ecologia Universitat de Barcelona, 2012.

DES. 2018. Monitoring and Sampling Manual: Environmental Protection (Water) Policy. Brisbane: Department of Environment and Science Government.

DIFRANCO, J. L. Protocols for Sampling Aquatic Macroinvertebrates in Freshwater Wetlands. Standard Operating Procedure Bureau of Land and Water Quality. Date: May 10, 2006. Doc num: DEPLW0640.

DORN (2013). SESDPROC-508-R3, *Multi-Habitat Macroinvertebrate Sampling in Wadeable Freshwater Streams*, replaces SESDPROC-508-R2.

DORN (2013). SESDPROC-508-R3, *Multi-Habitat Macroinvertebrate Sampling in Wadeable Freshwater Streams*, replaces SESDPROC-508-R2.

ELIAS, J. E. R.; DAMSTRA, D. D.; MEULEN, V.; Kainulainen, L. 2017. Standard operating procedure #7: Collection of benthic macroinvertebrates. In D. D. VanderMeulen, J. E. Elias, S. MAGDALENE, R. DAMSTRA; GLASE, J. 2017. Monitoring protocol for wadeable streams of the Great Lakes Network, version 1.0. Natural Resource Report NPS/GLKN/NRR—2017/1567. National Park Service, Fort Collins, Colorado.

ELIAS, J. E., R. DAMSTRA, D. D. VANDERMEULEN, and L. KAINULAINEN. 2017. Standard operating procedure: Collection of benthic macroinvertebrates. In D. D. VANDERMEULEN, J. E. ELIAS, S. MAGDALENE, R. DAMSTRA, and J. GLASE. 2017. Monitoring protocol for wadeable streams of the Great Lakes Network, version 1.0. Natural

RESOURCE REPORT NPS/GLKN/NRR—2017/1567. National Park Service, Fort Collins, Colorado.

EPA - The Volunteer Monitor's Guide To Quality Assurance Project Plans. United States Environmental Protection Agency, Office of Wetlands, Oceans and Watersheds 4503F. EPA 841-B-96-003. September 1996.

EUROPEAN COMMISSION, 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and Council, establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Community L 327: 1–72.

Europeias de 22 Dezembro de 2000. L 327, p.1-72.

FERNÁNDEZ, H. R.; DOMÍNGUEZ, E. (Ed.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Tucumán: Editorial Universitaria de Tucumán, 2001. 282 p.

FRIBERG, NIKOLAI ; SANDIN, LEONARD ; FURSE, MIKE T. ; LARSEN, SOREN E. ; CLARKE, RALPH T. ; HAASE, PETER . 2006 Comparação de métodos de amostragem de macroinvertebrados na Europa. *Hydrobiologia* , 566. 365-378. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0083-6>. ANGRISANO, E. B. Insecta Trichoptera. In: LOPRETTO, E. C.; TELL, G. (Ed.). Ecosistemas de águas continentales: metodologias para su estudio. La Plata: Ediciones Sur, 1995. v. 3, p. 1199-1237.

GENERALITAT VALENCIANA. Plan de Seguimiento de Las Poblaciones Ícticas y Su Hábitat en la Comunitat Valenciana. Conselleria D'agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica, 2015.

GRUPOTRAGSA. Pliego de Cláusulas Administrativas, Técnicas y Económicas para la Contratación del Servicio Seguimiento del Estado Ecológico de la Masa de Agua y de la Ictiofauna en el Río Manzanares entre la Presa del el Pardo y Su Confluencia con el Arroyo de la Trofa. TSA 0063155. FDC. 2003.

HANSON, S.; REDMAN, C.; ADES, D. Volunteer Water Quality Monitoring Oregon Department of Environmental Quality. DEQ04-LAB-0047-QAPP. 10-Nov-2009. Version 2.0 Project Management Page ii of 42.

JÁIMEZ-CUÉLLAR, P. *et al.* (2002). Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnetica*, 21(3-4): 187-204.

JÁIMEZ-CUÉLLAR, P.; VIVAS, S.; BONADA, N.; ROBLES, S.; MELLADO, A.; ÁLVAREZ, M.; AVILÉS, J.; CASAS, J.; ORTEGA, M.; PARDO, I.; PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; SÁINZ-CANTERO, C. E.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A.; SUÁREZ, M. L.; TORO, M.; VIDAL-

- ABARCA, M. R.; ZAMORA-MUÑOZ, C.; ALBA-TERCEDOR, J. Protocolo GUADALMED (Protocolo Rápido de Evaluación de la Calidad Ecológica - PRECE), 2002.
- MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. (Ed.). An introduction to the aquatic insects of North America. 3. ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1996. 862 p.
- METCALFE, J.L., 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60:101-139.
- MOULTON, S. R., II; KENNEN, J. G.; GOLDSTEIN, R. M.; HAMBROOK, J. A., and Short, T.M., 2002. Revised Protocols for Sampling Algal, Invertebrate, and Fish Communities as Part of the National Water-Quality Assessment Program. U.S. Geological Survey Open-File Report 02-150.
- MPCA (2017). Macroinvertebrate Data Collection Protocols for Lotic Waters in Minnesota. Sample Collection, Minnesota Pollution Control Agency.
- MYERS, S. M.; CUSHMAN, S. F.; GILMAN, B.; YOUNGMANN, J.; HARVIEUX, N.; MOSHER, M.; WAKEFIELD-BROWN, P.; HURD, D. VANWINKLE. A. Finger Finger Lakes Regional Stream Monitoring Network MANUAL, 2018.
- MYERS, S. M.; CUSHMAN, S. F.; GILMAN, B.; YOUNGMANN, J.; HARVIEUX, N.; MOSHER, M.; WAKEFIELD-BROWN, P.; HURD, D. VANWINKLE. A. Finger Finger Lakes Regional Stream Monitoring Network MANUAL, 2018.
- MYERS, S. M.; CUSHMAN, S. F.; GILMAN, B.; YOUNGMANN, J.; HARVIEUX, N.; N. PRAT, N.; RIERADEVALL, M.; FORTUÑO, P. Metodología F.E.M. para la evaluación del ESTADO ECOLÓGICO de los ríos Mediterráneos.
- NIESER, N.; MELO, A. L. de. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1997. 180 p.
- Nugra-Salazar, F., E. Segovia, M. Benítez, D. Reinoso. (2016). Guía metodológica para el biomonitoreo de macroinvertebrados e ictiofauna en la Cuenca del Río Napo, Ecuador. SENAGUA, OTCA. Cuenca, Ecuador. 79pp.
- OPSW (1998). STREAM MACROINVERTEBRATE. PROTOCOL. *Oregon Plan for Salmon and Watersheds*. Para la determinación del estado ecológico de los ríos mediterráneos. *Limnetica*, 21(3-4): 77-98.
- PABLO JÁIMEZ-CUÉLLAR et al. (2002) Protocolo GUADALMED (PRECE).

PARDO, I., GARCÍA, L., DELGADO, C., COSTAS, N. & ABRAÍN, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68pp. NIPO 783-10-001-8

PARDO, I., GARCÍA, L., DELGADO, C., COSTAS, N. & ABRAÍN, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la

PARKER, S. NEON AOS Protocol and Procedure: Aquatic Macroinvertebrate Sampling. National Ecological Observatory Network - *NEON Doc. #*: NEON.DOC.003046. 2016.

PETERSON, D. A.; ZUMBERGE, J.R. Comparison of Macroinvertebrate Community Structure between Two Riffle-Based Sampling Protocols in Wyoming, Colorado, and Montana, 2000-2001.

PIVETTA, F.; MACHADO, J. M. H.; ARAÚJO, U. C.; MOREIRA, M. F. R.; APOSTOLI, P. Monitoramento biológico: conceitos e aplicações em saúde pública. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 17(3):545-554, mai-jun, 2001.

PLAFKIN, J.L.; BARBOUR, M.T.; PORTER, K.D.; GROSS, S.K. & HUGHES, R.M., 1989. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, EPA-444/4-89- 001.

PRAT, N.; MUNNÉ, A.; RIERADEVALL, M.; SOLÀ, C. & BONADA, N. (1998). *Ecostrimed. Estudis de la Qualitat Ecològica*

QUEIROZ, J.F., SILVA, M.S.G.M., TRIVINHO-STRIXINO, S. Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água. 1ª Edição. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 91p

REFCOND. (2003). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document N° 10. Rivers and Lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems.

REYES, C. C.; PERALBO, K. F. 2001. **Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos.**

REYES, C. C.; PERALBO, K. F. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.

REYNOLDS T.B.; BAILEY, R.C.; DAY, K.E. & NORRIS, R.H. 1995. Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. *Australian Journal of Ecology*, 20: 198–219.

- ROSENBERG, D.M. & RESH V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. London: Chapman & Hall. Pp. 461.
- ROSENBERG, D.M. e RESH, V.H. (1993). "Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates". New York - USA: Chapman e Hall, 488p.
- ROSS, A. M.; THEEL, C. Benthic Macroinvertebrate Sampling Standard Operating Procedure
- SALLENAVE, R. Stream Biomonitoring Using Benthic Macroinvertebrates, 2015.
- SANDIN, L. 2003. Macroinvertebrados bentônicos em riachos suecos: estrutura da comunidade, riqueza de táxons e relações ambientais. - *Ecography* 26: 269–282.
- SANTOS, M. R. S.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; SHIMABUKURO, E. M.; PEREIRA, A. A.; PAMPLIN, P. A. Z., Análise Comparativa de Três Métodos de Coleta de Macroinvertebrados Aquáticos No Córrego do Espiraiado– São Carlos/SP. 6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS 04 e 05 de novembro de 2014, Pouso Alegre/MG.
- SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos. Comunicado Técnico Nº.19. ISSN 1516-8638 Jaguariúna, SP Outubro, 2004.
- SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. Capítulo 13, Amostragem de sedimentos para análises biológicas. Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental: Solo, Água e Sedimentos. 2006.
- STARK, J. D.; BOOTHROYD, I. K. G; HARDING, J. S.; MAXTED, J. R.; SCARSBROOK, M. R. 2001: Protocols for sampling macroinvertebrates in wadeable streams. New Zealand Macroinvertebrate Working Group Report No. 1. Prepared for the Ministry for the Environment. Sustainable Management Fund Project No. 5103. 57p.
- STRANKO, S.; BOWARD, D.; KILIAN, J.; BECKER, A.; ASHTON, M.; SOUTHERLAND, M.; FRANKS, B.; HARBOLD, W.; CESSNA, J. Maryland Biological Stream Survey: Round Four Field Sampling Manual. Maryland Department of Natural Resources(DNR), 2019.
- STRANKO, S.; BOWARD, D.; KILIAN, J.; BECKER, A.; ASHTON, M.; SOUTHERLAND, M.; FRANKS, B.; HARBOLD, W.; CESSNA, J. Maryland Biological Stream Survey: Round Four Field Sampling Manual. Maryland Department of Natural Resources(DNR), 2019.
- TORRALBA BURRIAL, A. y F. J. OCHARAN. 2007. Protocolo para la evaluacion del estado ecológico de la red fluvial de Aragon (NE de Espana) según sus comunidades de macroinvertebrados bentônicos. *Limnetica*, 26 (2): 359-372 (2007).

TORRALBA BURRIAL, A. y F. J. OCHARAN. Comparacion del muestreo de macroinvertebrados bentonicos fluviales con muestreador Surber y con red manual en rios de Aragon (NE Peninsula Iberica). *Limnetica*, 26: 13-24 (2007).

TORRALBA-BURRIAL, A.; OCHARAN, F. J. Protocolo para la evaluacion del estado ecológico de la red fluvial de Aragon (NE de Espana) según sus comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. UNIVERSIDAD DE OVIEDO. E-33071 Oviedo, España. Asociacion Iberica de Limnologia, Madrid. Spain. ISSN: 0213-8409. 2007.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Larvas de Chironomidae. Guia de identificação. São Carlos, Depto de Hidrobiologia/UFSCar, 2011. 371p.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: UFSCar, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, 1995. 227 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68pp. NIPO.

USEPA. 2013. National Rivers and Streams Assessment 2013-2014: Field Operations Manual – Non-Wadeable. EPA-841-B-12-009a. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Washington, DC.

USEPA. Multi-Habitat Macroinvertebrate Sampling. U.S. Environmental Protection Agency Science and Ecosystem Support Division, Region 4, Athens, Georgia. SESDPROC-508-R4 Effective Date: March 14, 2018.

Water Quality Control Division ∞ Environmental Data Unit, 2016.

WISCONSIN.. State of Wisconsin. Department of Natural Resources. Guidelines for Collecting Macroinvertebrate Samples from Wadeable Streams, 2000.

WOFFORD, J. E. B., E. D. DEMAREST, AND J. R. VOSHELL, JR. 2018. Shenandoah National Park benthic macroinvertebrate monitoring protocol: Version 3.0. Natural Resource Report NPS/SHEN/NRR— 2018/1621. National Park Service, Fort Collins, Colorado.

WRIGHT, J.F., 1995. Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. *Australian Journal of Ecology*, 20: 181-197.