



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPEs – LATINDEX
Nº. 14 – Ano VII – 10/2018
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Bioindicadores de Qualidade de Água (Macroinvertebrados Bentônicos) como Subsídios para Atividades de Educação Ambiental

Sérgio Wilson de Araújo
Mestrando em Educação pela UFVJM
Técnico-administrativo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e
Mucuri – UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/4932342732786059>
E-mail: sergio.araujo@ict.ufvjm.edu.br

Prof^a. Dr^a. Flaviana Tavares Vieira Teixeira
Doutora em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/4311164481574410>
E-mail: flaviana.tavares@ict.ufvjm.edu.br

Resumo: O trabalho propõe realizar uma revisão bibliográfica sobre a Educação Ambiental, apresentando conceitos, importância e tendências, além disso, revelar a importância da mesma na escola pública, criando um elo com a importância dos bioindicadores de qualidade da água – macroinvertebrados bentônicos e sua identificação, partindo do pressuposto que esses organismos podem ser utilizados para aferição de ambientes aquáticos alterados por agentes nocivos, por exemplo. Além disso, em longo prazo, em um processo de recuperação e gerenciamentos de recursos hídricos, é possível acompanhar o processo de avaliação da qualidade das águas utilizando esse recurso como biomonitoramento.

Palavras-chave: Educação. Ecologia. Macroinvertebrados. Bentônicos. Bioindicadores de Qualidade de Água.

Introdução

O referencial teórico que aborda este estudo foi estruturado com o objetivo central conceituar a Educação Ambiental, a inserção deste tema na grade curricular da educação básica e a importância desta para um futuro transformador.

Por conseguinte, objetivamos esclarecer, como ponto central a água e os recursos hídricos, delineando contribuições sobre sua definição, relevância e aspectos jurídicos, ao passo que num segundo momento são expostas considerações a respeito da crise hídrica no Brasil.

Além disso, serão mostrados detalhadamente os bioindicadores de qualidade de água, serão abordados os seguintes aspectos: os macroinvertebrados bentônicos, bem como sua classificação em grupos.

Por fim, conceituaremos o biomonitoramento como alternativa de análise da qualidade de água, concluindo assim, a matriz teórica do estudo desenvolvido.

O que é Educação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável?

Segundo Dias (1992) *apud* Pelicioni (1998) levando-se em consideração a Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada em 1977 em Tbilisi, Georgia (ex URSS), compreende-se a educação ambiental como um processo permanente de conscientização dos indivíduos e comunidade em geral acerca do meio ambiente, possibilitando a aquisição de conhecimentos, valores, habilidades, experiências, bem como a aptidão dos indivíduos e a coletividade para a resolução de problemas ambientais atuais como também pósteros.

Para Pelicioni (1998), na concepção de Dias (1992), a educação ambiental pode ser considerada um tema transversal pela incorporação de aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais, ecológicos e éticos, sendo que, grande parte dos problemas ambientais tem sua gênese na miséria, sendo decorrência de políticas e problemas econômicos concentradores de riqueza, desemprego e degradação ambiental.

É importante citar os conceitos de educação ambiental apresentados no sítio do Ministério de Meio Ambiente (<http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental>), conquanto sejam preciosas para

compreensão conceitual dos horizontes desta temática:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (BRASIL, 1999, art. 1).

A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que deve imprimir ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, visando potencializar essa atividade humana com a finalidade de torná-la plena de prática social e de ética ambiental. (Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, Art. 2º).

A educação ambiental é a ação educativa permanente pela qual a comunidade educativa tem a tomada de consciência de sua realidade global, do tipo de relações que os homens estabelecem entre si e com a natureza, dos problemas derivados de ditas relações e suas causas profundas. Ela desenvolve, mediante uma prática que vincula o educando com a comunidade, valores e atitudes que promovem um comportamento dirigido a transformação superadora dessa realidade, tanto em seus aspectos naturais como sociais, desenvolvendo no educando as habilidades e atitudes necessárias para dita transformação. (Conferência Sub-regional de Educação Ambiental para a Educação Secundária – Chosica/Peru (1976.)

A Educação Ambiental deve proporcionar as condições para o desenvolvimento das capacidades necessárias; para que grupos sociais, em diferentes contextos socioambientais do país, intervenham, de modo qualificado tanto na gestão do uso dos recursos ambientais quanto na concepção e aplicação de decisões que afetam a qualidade do ambiente, seja físico-natural ou construído, ou seja, educação ambiental como instrumento de participação e controle social na gestão ambiental pública. (QUINTAS J. S. Salto para o Futuro, 2008).

A Educação Ambiental nasce como um processo educativo que conduz a um saber ambiental materializado nos valores éticos e nas regras políticas de convívio social e de mercado, que implica a questão distributiva entre benefícios e prejuízos da apropriação e do uso da natureza. Ela deve, portanto, ser direcionada para a cidadania ativa considerando seu sentido de pertencimento e co-responsabilidade que, por meio da ação coletiva e organizada, busca a compreensão e a superação das causas estruturais e conjunturais dos problemas ambientais. (SORRENTINO *et al.*, Educação ambiental como política pública, 2005).

A Educação Ambiental, apoiada em uma teoria crítica que exponha com vigor as contradições que estão na raiz do modo de produção capitalista, deve incentivar a participação social na forma de uma ação política. Como tal, ela deve ser aberta ao diálogo e ao embate, visando à explicitação das contradições teórico-práticas subjacentes a projetos societários que estão permanentemente em disputa. (TREIN, E., Salto para o Futuro, 2008).

A EA deve se configurar como uma luta política, compreendida em seu nível mais poderoso de transformação: aquela que se revela em uma disputa de posições e proposições sobre o destino das sociedades, dos territórios e das desterritorializações; que acredita que mais do que conhecimento técnico-científico, o saber popular igualmente consegue proporcionar caminhos de participação para a sustentabilidade através da transição

democrática” (SATO, M. et al, Insurgência do grupo-pesquisador na educação ambiental sociopolítica, 2005).

Um processo educativo eminentemente político, que visa ao desenvolvimento nos educandos de uma consciência crítica acerca das instituições, atores e fatores sociais geradores de riscos e respectivos conflitos socioambientais. Busca uma estratégia pedagógica do enfrentamento de tais conflitos a partir de meios coletivos de exercício da cidadania, pautados na criação de demandas por políticas públicas participativas conforme requer a gestão ambiental democrática. (LAYRARGUES; P.P. Crise ambiental e suas implicações na educação, 2002).

Educação ambiental é uma perspectiva que se inscreve e se dinamiza na própria educação, formada nas relações estabelecidas entre as múltiplas tendências pedagógicas e do ambientalismo, que têm no “ambiente” e na “natureza” categorias centrais e indenitárias. Neste posicionamento, a adjetivação “ambiental” se justifica tão somente à medida que serve para destacar dimensões “esquecidas” historicamente pelo fazer educativo, no que se refere ao entendimento da vida e da natureza, e para revelar ou denunciar as dicotomias da modernidade capitalista e do paradigma analítico-linear, não-dialético, que separa: atividade econômica, ou outra, da totalidade social; sociedade e natureza; mente e corpo; matéria e espírito, razão e emoção etc. (LOUREIRO, C. F. B. Educação Ambiental Transformadora. In: Layrargues, P. P. (Coord.) Identidades da Educação Ambiental Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004).

Processo em que se busca despertar a preocupação individual e coletiva para a questão ambiental, garantindo o acesso à informação em linguagem adequada, contribuindo para o desenvolvimento de uma consciência crítica e estimulando o enfrentamento das questões ambientais e sociais. Desenvolve-se num contexto de complexidade, procurando trabalhar não apenas a mudança cultural, mas também a transformação social, assumindo a crise ambiental como uma questão ética e política. (MOUSINHO, P. Glossário. In: Trigueiro, A. (Coord.) Meio ambiente no século 21. Rio de Janeiro: Sextante. 2003).

Tendo em vista tais definições, pode-se entender que a educação ambiental tem como escopo a tomada de consciência ativa dos cidadãos, em prol de condutas ambientais corretas, buscando-se investimentos em recursos e processos ecológicos voltados para a preservação do meio ambiente.

Considerando-se a educação ambiental em sua vertente político-pedagógica, a qual é constituída histórica e socialmente, a mesma tem por propósito fomentar a construção da cidadania e melhoria da qualidade de vida da população, com vistas ao desenvolvimento estratégico de ações voltadas para a proteção do meio ambiente e consciência ambiental (Pelicioni, 1998).

Dessa forma, e segundo Sader (1992) *apud* Pelicioni (1998), a educação ambiental deve contribuir para a transformação social da sociedade emergente em uma sociedade sustentável através do exercício da cidadania, considerando a natureza enquanto um bem comum de todos, almejando-se a compatibilização do

desenvolvimento econômico com a proteção do meio ambiente e a qualidade de vida, mas jamais sobrepondo os dois últimos.

O conceito de desenvolvimento sustentável, na ótica de Diegues (1992) *apud* Pelicioni (1998), é ampla e pode ser utilizada em diferentes óticas, comportando posicionamentos políticos ideológicos, com conotações sociais, culturais e econômicas. Tais concepções de desenvolvimento sustentável podem ser utilizadas em diferentes discursos, seja no âmbito governamental, empresarial ou até mesmo acadêmico, na maioria das vezes relacionado à ideia de progresso sustentável.

Para Baroni (1992) *apud* Pelicioni (1998), a ideia de desenvolvimento sustentável, de certa forma pode ser contextualizada conforme a atual facticidade entre conflitos de ordem social e econômica envolvendo recursos naturais, sendo que, essa concepção é mutável no tempo e espaço. Contudo, parece existir consensos a respeito daquilo que pode ser considerado insustentável no planeta.

Segundo Pelicioni (1998), o surgimento do movimento ambientalista urge em manifestação pela sobrevivência do planeta terra, fauna e flora ameaçados pela sua eventual possibilidade de extinção, sendo que, no “Terceiro Mundo”, ganha uma conotação mais ética, em prol da sobrevivência dos mais desvalidos. Assim sendo, no ponto de vista do elemento ético, não mais se pode intentar uma proposta de desenvolvimento que não seja sustentável, devendo, pois, pensar nas gerações futuras, impondo-se uma sociedade mais justa, que atenda às necessidades de toda a coletividade, inclusive dos menos favorecidos, tratando os mesmos com a mesma consideração e respeito.

Educação Ambiental na Grade Curricular da Educação Básica

A educação ambiental situa-se dentre os temas sociais contemporâneos de maior relevância. Na educação básica, esse tema é considerado como transversal, sendo que, o mesmo foi universalizado no sistema de ensino fundamental no Brasil (TRAJBER; MENDONÇA, 2007).

A Lei nº 9.795 de 1999, dispõe sobre a educação ambiental, como também instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental, dentre outras providências.

O art. 1º desta referida lei estabelece o conceito de educação ambiental:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos

quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (BRASIL, 1999).

Por sua vez, o art. 2º desta norma jurídica compreende a educação ambiental enquanto um componente essencial e permanente da educação nacional.

O artigo seguinte dispõe sobre a incumbência de cada um dos atores e instituições, conquanto integrante do processo educativo mais amplo e que possibilita o direito de todos à educação ambiental:

Art. 3º Como parte do processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental, incumbindo:

I - ao Poder Público, nos termos dos arts. 205 e 225 da Constituição Federal, definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

II - às instituições educativas, promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem;

III - aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama, promover ações de educação ambiental integradas aos programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

IV - aos meios de comunicação de massa, colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação;

V - às empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas, promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente;

VI - à sociedade como um todo, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais. (BRASIL, 1999).

Em continuidade, os artigos 4º e 5º da Lei nº 9.795 de 1999, estabelecem respectivamente os princípios e objetivos da educação ambiental, conforme citado abaixo:

Art. 4º São princípios básicos da educação ambiental:

I - o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo;

II - a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o sócio-econômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;

III - o pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade;

IV - a vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais;

V - a garantia de continuidade e permanência do processo educativo;

VI - a permanente avaliação crítica do processo educativo;

VII - a abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais;

VIII - o reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual

e cultural.

Art. 5º São objetivos fundamentais da educação ambiental:

I - o desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos ecológicos, psicológicos, legais, políticos, sociais, econômicos, científicos, culturais e éticos;

II - a garantia de democratização das informações ambientais;

III - o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social;

IV - o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania;

V - o estímulo à cooperação entre as diversas regiões do País, em níveis micro e macrorregionais, com vistas à construção de uma sociedade ambientalmente equilibrada, fundada nos princípios da liberdade, igualdade, solidariedade, democracia, justiça social, responsabilidade e sustentabilidade;

VI - o fomento e o fortalecimento da integração com a ciência e a tecnologia;

VII - o fortalecimento da cidadania, autodeterminação dos povos e solidariedade como fundamentos para o futuro da humanidade. (BRASIL, 1999).

A temática da educação ambiental, pode possibilitar um maior envolvimento da escola com a comunidade, em projetos com potencial transformador (TRAJBER; MENDONÇA, 2007). Algumas pesquisas baseadas em senso buscam avaliar justamente “a dimensão da Educação Ambiental como modalidade nas escolas, o tratamento de resíduos sólidos e a participação de eventos na e com a comunidade” (TRAJBER; MENDONÇA, 2007, p. 15). Inclusive, a presença da educação ambiental nas escolas vem sendo um tema bastante pesquisado no pelo Ministério da Educação (MEC), sobretudo no que concerne a investigar quais os seus padrões e tendências, a fim de prospectar seu perfil de expansão (TRAJBER; MENDONÇA, 2007, p. 15).

Dessa forma, entende-se que, dentre as funções mais relevantes das instituições educacionais está sobretudo seu potencial de transformação e influência em sua comunidade de abrangência. E é justamente através das temáticas voltadas para a educação ambiental que a escola pode contribuir significativamente para a sociedade, criando canais de diálogo com a população, possibilitando discutir e refletir criticamente acerca do papel dos cidadãos face às questões socioambientais (TRAJBER; MENDONÇA, 2007).

É importante ressaltar que a educação ambiental se encontra prevista na Lei nº 9.795 de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Em seu Artigo 2º, estabelece que “a *Educação Ambiental* é um

componente essencial e permanente na educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal” (BRASIL, 1999). No Artigo 3º, inciso II, complementa a ideia que cabe às *“instituições educativas promover a Educação Ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem”* (BRASIL, 1999). No artigo 9º esclarece: *“Entende-se por Educação Ambiental na Educação escolar a ser desenvolvida no âmbito dos currículos das instituições de ensino públicas e privadas, englobando: I – Educação Básica: a) Educação Infantil; b) Educação Fundamental e c) Educação Média; II – Educação Superior; III – Educação Especial; IV – Educação Profissional; V – Educação de Jovens e Adultos”* (BRASIL, 1999). Além disso, no seu artigo 10º § 1º, *“A educação ambiental não deve ser implantada como disciplina específica no currículo de ensino”* (BRASIL, 1999).

Com base no parágrafo anterior, podemos inferir com a contribuição de Libâneo (1994), que o trabalho docente é parte inerente do processo educativo mais global pelo qual os membros da sociedade são preparados para a participação na vida social. A educação – ou seja, a prática educativa - é um fenômeno social e universal, sendo uma atividade humana necessária à existência e funcionamento de todas as sociedades. Cada sociedade precisa cuidar da formação dos indivíduos, auxiliar no desenvolvimento de suas capacidades físicas e espirituais, prepará-los para a participação ativa e transformadora nas várias instâncias da vida social. [...]. No trabalho docente, sendo manifestação da prática educativa, estão presentes interesses de toda ordem – sociais, políticos, econômicos, culturais – que precisam ser compreendidos pelos professores (LIBÂNEO, 1994, p. 15-20).

O Ministério da Educação, através da Secretaria de Educação Fundamental, por meio dos parâmetros curriculares nacionais esclarece sobre o critério de seleção de e organização de conteúdos com a temática ambiental:

Dois fatores tornam difícil a seleção de conteúdos de forma satisfatória: a complexidade da temática ambiental e a diversidade da realidade brasileira. Entretanto, além de um elenco de conteúdos, o tema Meio Ambiente propõe que se garanta aos alunos aprendizagem que lhes possibilite posicionar-se em relação às questões ambientais nas suas diferentes realidades particulares e atuar na melhoria de sua qualidade (BRASIL, 1998a, p. 202).

Com base nas proposições anteriores, o papel do docente formador é fundamental. Para abordagem de um conteúdo com a temática supracitada, deve-se atentar para o assunto a ser escolhido, de modo que seja uma realidade no

ambiente geográfico ao qual os alunos estão inseridos para melhor compreensão das abordagens.

Essa preocupação com os recursos naturais renováveis e o ambiente ganha expressivos contornos a partir da globalização, cujo viés da modernidade dos avanços tecnológicos é reflexiva, ou seja, se por um lado, a individualidade, a competitividade e o consumo desenfreado tenham predominado nos últimos anos, por outro, suscitou a preocupação com o equilíbrio ecológico, o desmatamento, a qualidade de vida, e outros riscos que, por sua vez suscitaram o paradigma da sustentabilidade (explorar os recursos naturais, de modo a não prejudicar o equilíbrio ecológico) (MOURA, 2015).

A criança, durante o desenvolvimento da consciência do mundo objetivo, por meio da brincadeira "(...) tenta integrar uma relação ativa não apenas com as coisas diretamente acessíveis a ela, mas também com o mundo mais amplo, isto é, ela se esforça para agir como um adulto". (LEONTIEV, 1998, p. 121).

Dessa forma, podemos inferir que para a efetividade de ações ambientais, tanto de maneira formal ou não formal é importante que haja participação de crianças e jovens, pois estes grupos representam as gerações futuras, em processo de formação e deste modo, instigar a consciência da importância da preservação do meio ambiente assegura a formação de hábitos e comportamentos sustentáveis no futuro de modo a inibir a degradação.

A água e a importância dos recursos hídricos

A água é um elemento presente na natureza, sendo fundamental à existência da vida, disponível em diferentes estágios (sólido, líquido e gasoso), possibilitando assim a sua renovação através do ciclo hidrológico da terra, sendo, pois, um recurso natural renovável, indispensável às atividades humanas, inclusive para o desenvolvimento das nações e da própria sociedade (DEPRN; DUSM, [20--]).

Segundo Lemos (2009), O conceito de água, muitas vezes é confundido com o conceito de recursos hídricos, porém são distintos, mas não se excluem, apenas se complementam. Água é o gênero, é o recurso natural. Recurso Hídrico é água, a partir do momento que se torna valorada economicamente.

Ao passo que a água é tida como um recurso natural, a mesma pode ser concebida diferentemente do instituto dos recursos hídricos os quais, por sua vez,

podem ser compreendidos como as parcelas das águas superficiais e subterrâneas que estão disponíveis para utilização, como também as que podem ser objeto de valoração econômica em razão desta.

Relevância e aspectos jurídicos da água

A água é concebida como um bem de todos, potencialmente de alto valor social, ambiental e econômico, é considerada também como desdobramento dos direitos humanos ou fundamentais conquanto seja condição necessária para a vida humana no planeta terra, como ainda faz parte do meio ambiente ecologicamente equilibrado, o qual é sustentado juridicamente no art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A política nacional de recursos hídricos (PNRH) foi instituída em 1997 e é conhecida como a lei das águas, a qual instituiu os seus fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos:

Esse diploma legal reforça o fundamento da água como um bem de domínio público, detalhando que se trata de um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Paul Afonso Leme Machado (2002, p. 414) esclarece que "a dominalidade pública da água, afirmada na Lei n.9.433/97, não transforma o Poder Público federal e estadual em proprietário da água, mas torna-o gestor desse bem, no interesse de todos".

A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Um dos fundamentos da Política prevê que, em situações de escassez, o uso prioritário da água é para o consumo humano e dessedentação de animais. Tendo em vista a importância desse bem público e a possibilidade de escassez, a Política Nacional de Recursos Hídricos deve ser formulada, executada e avaliada por meio de gestão democrática, que conte com ampla participação social.

Um fundamento organizativo da PNRH é a fixação da Bacia Hidrográfica como unidade de implementação da Política e de planejamento e gestão do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como objetivos: I) assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II) a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável e; III) a prevenção e a defesa contra

eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (AITH; ROTHBARTH, 2015, p. 171-172).

A referida política nacional dos recursos hídricos, além de preconizar os seus instrumentos de gerenciamento, buscou inovar no sentido de possibilitar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, para casos específicos regulamentados em lei:

São instrumentos da PNRH os Planos de Recursos Hídricos, a regionalização, a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, a articulação com os usuários e com os planejamentos regionais, estaduais e nacional. No caso de sobreposição de competências, a União deverá se articular com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum.

Uma das inovações da Lei foi a regulamentação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Através da cobrança no uso e exploração da água, três grandes objetivos são buscados, de acordo com o artigo 19 da Lei n.9.433/2000: reconhecer a água como bem econômico e dar uma indicação do seu real valor; incentivar a racionalização do uso da água; obter recursos financeiros para programas previstos nos planos de recursos hídricos (AITH; ROTHBARTH, 2015, p. 172).

Com base na referida política nacional dos recursos hídricos, institucionalizada no Brasil, percebe-se a necessidade de adequado gerenciamento e utilização de tais recursos no país, considerando que a quantidade de água disponível no mesmo é finita, podendo variar no tempo e espaço, razões pelas quais a gestão destes recursos hídricos deve buscar garantir a sua disponibilidade não apenas quantitativa, mas também qualitativa para as presentes e futuras gerações (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

A Crise Hídrica no Brasil

A preocupação com o meio ambiente e os recursos naturais, ganha vulto paradoxalmente com a emergência da globalização, marcada pela individualidade, competitividade e consumo exacerbado, contrapondo-se à modernidade, a qual vem acompanhada do ideário da reflexão, desencadeando assim inquietudes relacionadas ao equilíbrio ecológico, desmatamento, qualidade de vida, uso adequado da água, qualidade de vida, dentre outros, anunciando, desta forma, a chegada do paradigma da sustentabilidade, pelo qual se almejava o crescimento econômico, compatibilizado com a proteção do meio ambiente (exploração dos recursos naturais, buscando-se evitar prejuízos ao equilíbrio ecológico), e qualidade de vida, porém sem sobrepor-se a estes dois últimos aspectos (MOURA, 2015).

Assim sendo, o modelo da sustentabilidade em suas dimensões ambiental e social, perpassa pela tomada de consciência dos indivíduos, estado e sociedade em geral, no sentido de respeitar, controlar, regulamentar os recursos naturais existentes, conquanto não sejam finitivos, sendo, pois, limitados (MOURA, 2015).

Não obstante, segundo Goulart e Callisto (2003, p. 2), nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retilinização e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; superexploração de recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros. Como consequência destas atividades, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas.

Moura (2015, p. 3), vai mais além a inferir que no Brasil, a água, ou melhor, a ausência desse recurso, só se tornou tema importante e seguidamente está fazendo parte da agenda de instituições públicas e privadas, quando se percebeu a gravidade da situação hídrica, que tem comprometido a produção agrícola, o setor industrial, elétrico, de transportes, dentre outros.

O referido autor ainda faz considerações sobre a situação crítica dos recursos hídricos brasileiros:

A crise hídrica brasileira (como nos demais países) é consequência de inúmeras situações e fatores, tais como:

- Devastação e exploração do solo e do subsolo sem critérios;
- Expansão demográfica;
- Uso inadequado dos recursos naturais (desperdício);
- Fatores climáticos (aquecimento global);
- Poluição dos rios, mares e outras fontes hídricas. (MOURA, 2015, p. 4).

Tendo em vista tais fatores citados anteriormente, considera-se que no Brasil, de uma forma geral, a crise hídrica tem sido enfrentada, todavia de forma paliativa, através de políticas de reeducação dos usuários, sobretudo divulgadas pela mídia, buscando humanizar a relação destes com os recursos hídricos, restrições de uso da água, como por exemplo, através de racionamento desta (através de sistema de

rodízios), usos alternativos de captação da água (como por exemplo, através da absorção de águas da chuva) e ainda algumas obras emergenciais, dentre outros.

Os bioindicadores de qualidade de água

Segundo Callisto, Gonçalves Júnior e Moreno (2005), os bioindicadores de qualidade de água consistem em espécies, como também grupos de espécies ou ainda comunidades biológicas, as quais, quando presentes, apontam a proporção de impactos ambientais em um determinado ecossistema aquático e sua respectiva bacia de drenagem. Utilizar os referidos bioindicadores de qualidade de água possibilita avaliar de forma integrada os efeitos ecológicos provenientes de variados elementos de poluição, sendo mais efetivo que os critérios imediatos de padrões físicos e químicos (como por exemplo, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, teores totais e dissolvidos de nutrientes, etc.) os quais geralmente são aferidos no campo e utilizados para avaliação qualitativa das águas. A sua utilização como corolário das informações sobre a qualidade da água é sugerida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e a Diretriz da União Europeia de nº 94C 222/06, de 10 de agosto de 1994.

Dentre os bioindicadores, há grupos de espécies diretamente relacionados a um determinado agente poluidor ou a um fator natural potencialmente poluente (por exemplo, altas densidades de *Oligochaeta* – minhocas d'água – e de larvas vermelhas de *Chironomus*, Diptera, em rios com elevados teores de matéria orgânica). Além disso, são importantes ferramentas para a avaliação da integridade ecológica (condição de “saúde” de um rio, avaliada através da comparação da qualidade da água e diversidade de organismos entre áreas impactadas e áreas de referência, ainda naturais e a montante). Os bioindicadores mais utilizados são aqueles capazes de diferenciar entre fenômenos naturais (por exemplo, mudanças de estação e ciclos de chuva-seca) e estresses de origem antrópica, relacionados a fontes de poluição pontuais ou difusas (CALLISTO; GONÇALVES JÚNIOR; MORENO, 2005, p. 4).

Os bioindicadores de qualidade de água, no que concernem à sua tolerância face a adversidades ambientais, considerando-se os chamados macroinvertebrados bentônicos (espécies de organismos que deduram a qualidade da água), podem ser classificados em três grupos principais (embora também comportem exceções dentro dos respectivos grupos): organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes, os quais serão especificados posteriormente.

O que são Bioindicadores?

Segundo Arias *et al.* (2007, p. 64), bioindicadores são definidos como qualquer resposta a um contaminante ambiental ao nível individual, medidos no organismo ou matriz biológica, indicando um desvio do status normal que não pode ser detectado no organismo intacto. Ou seja, são medidas de fluidos corporais, células, tecidos ou medidas realizadas sobre o organismo completo, que indicam, em termos bioquímicos, celulares, fisiológicos, compartimentais ou energéticos, a presença de substâncias contaminantes ou a magnitude da resposta do organismo alvo.

Existem bioindicadores moleculares, celulares e ao nível do animal completo. As duas características mais importantes dos bioindicadores são: a) permitem identificar as interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos; b) possibilitam a mensuração de efeitos sub-letais. Esta última característica permite pôr em prática ações remediadoras ou, melhor ainda, ações preventivas. Daí a importância e o interesse atual de incorporação da análise de bioindicadores em programas de avaliação da contaminação ambiental (ARIAS *et al.* 2007, p. 64).

Dessa forma, os bioindicadores podem indicar as diversas modificações passíveis de ocorrerem no meio ambiente, inclusive contaminações, destruições, poluições, seja no solo, no ar ou na água, sendo que os mesmos geralmente surgem em determinada cultura em quantidade proporcional ao desequilíbrio causado, sinalizando a ocorrência de algo de errado em um determinado sistema (OLIVEIRA; FREIRE; AQUINO, 2004, p. 11-12).

Os macroinvertebrados bentônicos

Segundo Bis e Kosmala (2005, p. 1), macroinvertebrados são organismos visíveis a olho nu (macro) e com ausência de coluna vertebral (invertebrados).

A coletividade de organismos denominados “bentônicos” significa que tem seu habitat no fundo de corpos d’água continentais, isto é, em rios e lagos. Esses animais invertebrados são eficazes para atividades consistentes em avaliação e monitoramento de impactos de atividades antrópicas em ecossistemas aquáticos continentais. Dessa forma, são relevantes para indicação da qualidade da água de um determinado local (CALLISTO; GONÇALVES JÚNIOR; MORENO, 2005).

Parte dos macroinvertebrados bentônicos tem como sua alimentação a matéria orgânica gerada na coluna d'água ou daquela proveniente da vegetação marginal que cai no leito dos rios. Assim, os mesmos são significativos componentes da alimentação de outros animais, como por exemplo, peixes, anfíbios e aves aquáticas, em função de realizarem a transferência da energia que foi obtida através da matéria orgânica morta condensada no sedimento para os animais que se utilizaram deles para sua alimentação (CALLISTO; GONÇALVES JÚNIOR; MORENO, 2005).

Tendo em vista a relação de tolerância face a adversidades ambientais, é possível classificar os macroinvertebrados bentônicos em três grupos principais (considera-se obviamente a existência de exceções nos respectivos grupos): organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes (GOULART; CALLISTO, 2003, p. 4).

O primeiro grupo aflige principalmente representantes das ordens de insetos aquáticos Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, e são caracterizados por organismos que possuem necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Normalmente são habitantes de ambientes com alta diversidade de habitats e microhabitats.

O segundo grupo é formado por uma ampla variedade de insetos aquáticos e outros invertebrados, incluindo moluscos, bivalves, algumas famílias de Diptera, e principalmente por representantes das ordens Heteroptera, Odonata e Coleoptera, embora algumas espécies destes grupos sejam habitantes típicos de ambientes não poluídos. A necessidade de concentrações elevadas de oxigênio dissolvido é menor, uma vez que parte dos representantes deste grupo, como os Heteroptera, adultos de Coleoptera e alguns Pulmonata (Gastropoda) utilizam o oxigênio atmosférico. O requerimento da diversidade de habitats e microhabitats também diminui, em função de uma maior plasticidade do grupo (muitos heterópteros e coleópteros vivem na lâmina d'água ou interface coluna d'água-superfície).

O terceiro grupo é formado por organismos extremamente tolerantes, por isso chamados de resistentes. É formado principalmente por larvas de Chironomidae e outros Diptera e por toda a classe Oligochaeta. Estes organismos são capazes de viver em condição de anóxia (depleção total de oxigênio) por várias horas, além de serem organismos detritívoros, se alimentando de matéria orgânica depositada no sedimento, o que favorece a sua adaptação aos mais diversos ambientes. Tanto os Oligochaeta quanto os Chironomidae são organismos de hábito fossorial, não possuindo nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats e microhabitats. (GOULART; CALLISTO, 2003, p. 4).

Sensíveis ou intolerantes

Segundo França *et al.* (2008, p. 3), os organismos sensíveis ou intolerantes podem ser chamados de “bioindicadores de boa qualidade de água”, pois são muito

sensíveis à poluição. Vivem no fundo dos rios, debaixo de pedras, em águas limpas e com muito oxigênio. Os autores ainda destacam “apelidos” para os bentos, com o intuito de promover uma melhor compreensão por parte dos estudantes, a saber: “Cachorrinho D’água” (Plecoptera), “Escorpião de Água” (Ephemeroptera) e “Arquiteto dos Rios” (Trichoptera).

A seguir, serão mostrados na Tabela 1, detalhadamente os organismos bentônicos classificados como sensíveis ou intolerantes, segundo Bis e Kosmala (2005, p. 2-4):

Quadro 1 - Organismos sensíveis ou intolerantes

(continua)

Organismo	Características	Tolerância à Poluição
Plecoptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Plecoptera Apelido: Cachorrinho D'Água	Identificação: • Possui dois cercos; • Três pares de patas na secção média do corpo (tórax); • Cada pata tem duas unhas; • Por vezes possuem tubos de brânquias; duas placas alares; • Corpos hidrodinâmicos para não serem arrastados pela corrente. Habitat: Vivem embaixo de pedras em águas de correntes rápidas, de baixa temperatura (< 25°C) e com elevadas concentrações de oxigênio. Os rios de montanha são o seu habitat mais comum. As suas larvas também podem ser encontradas sobre as pedras, ou em troncos submersos e nos depósitos de folhas dos rios. Alimentação: A maioria das larvas de plecoptera alimentam-se de detritos, plantas mortas e algas.	Muito sensíveis a baixos níveis de oxigênio na água. Preferem água fria, uma vez que esta dissolve mais facilmente o oxigênio do que em águas quentes.
Ephemeroptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Ephemeroptera Apelido: Escorpião de Água	Identificação: • Normalmente têm três longos cercos; • Brânquias laterais ao longo do abdômen; um par de placas alares; • Três pares de patas na secção média do corpo (tórax); • Uma única unha em cada pata. Habitat: Vivem debaixo das pedras, em águas de fluxo rápido ou entre a vegetação, em rios mais lentos. Algumas espécies têm o corpo achatado e fixam-se em rochas de rios de corrente rápida. São encontrados principalmente em águas permanentes, águas de boa qualidade: rios e lagos. Alimentação: A maioria é herbívora – alimentando-se apenas material vegetal, detritívoros – alimentando-se de material em decomposição, enquanto que outros são predadores. Algumas espécies são coletoras ou filtradoras de material orgânico que flutua na água, outros se alimentam de plantas ou diatomáceas das rochas.	Muito sensíveis a baixos níveis de oxigênio na água. Também são sensíveis a poluição química da água, fraco fluxo de água e luz solar (algumas vezes preferindo zonas de sombra).

Quadro 1 - Organismos sensíveis ou intolerantes

(conclusão)

Trichoptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Trichoptera Apelido: Arquiteto dos Rios	Identificação: • Três pares de patas bem desenvolvidas nos três primeiros segmentos do corpo e ganchos no último segmento; • Os trichoptera são aparentados com as larvas de borboletas; • Alguns constroem casulos a partir de substrato orgânico e mineral. Habitat: Vivem numa vasta gama de habitats aquáticos desde rios de fluxo rápido até as lagoas de água doce. Os seus corpos moles estão geralmente protegidos em um casulo. Usam o gancho na extremidade do seu corpo para se prenderem a ele. Algumas espécies não vivem em casulo, usam os seus ganchos para se agarrarem ao substrato do fundo do rio e para se moverem para trás para escapar de predadores. Alimentação: Algas e outras plantas (vivas e mortas). Algumas espécies alimentam-se de outros insetos e elaboram teias para capturar as suas presas; outros comem as algas fixadas nas plantas e pedras, ou fragmentam os depósitos de folhas.	Não toleram baixos níveis de oxigênio, e os que fragmentam os depósitos de folhas necessitam de rios com vegetação, com árvores a pender sobre a água.
---	--	---

Nota: Adaptado de: Bis e Kosmala. Chave de Identificação para Macroinvertebrados Bentônicos de Água Doce, 2005.

Figura 1 - Plecoptera (Cachorrinho d'água)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 2 - Ephemeroptera (Escorpião d'água)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3 - Trichoptera (Arquiteto dos Rios)



Fonte: Arquivo pessoal.

Tolerantes

Segundo França *et al.* (2008, p. 3), os organismos tolerantes vivem preferencialmente em águas limpas, mas podem tolerar o início do processo de poluição. Vivem no fundo, debaixo de pedras, nas margens ou nadando nos rios. Os autores ainda destacam “apelidos” para os bentos, com o intuito de promover uma melhor compreensão por parte dos estudantes, a saber: “Besouro D’água” (Coleoptera), “Megalopectera” (Fortão), “Barata D’Água” (Heteroptera) e “Libélula” (Odonata).

A seguir, serão mostrados na Tabela 2, detalhadamente os organismos bentônicos classificados como tolerantes, segundo Bis e Kosmala (2005, p. 5, 10, 13, e 15).

Quadro 2 - Organismos tolerantes

(continua)

Organismo	Características	Tolerância à Poluição
Coleoptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Coleoptera Apelido: Besouro D'Água	Identificação: - Os adultos possuem dois élitros que cobrem e protegem as asas membranosas; - Muitos apresentam patas em forma de remo; - Têm uma cavidade por baixo das asas que contém uma reserva de ar, permitindo-lhes permanecerem debaixo de água por longos períodos; - Existem muitos tipos de larvas de besouro, geralmente, são segmentadas e cilíndricas, com seis patas e uma cabeça distinta; - As larvas respiram através de brânquias ou espiráculos (pequenos buracos) não necessitando de vir a superfície para obter ar. Habitat: Tanto os adultos como as larvas vivem numa vasta gama de habitats aquáticos. São muitas vezes encontrados em linhas de água permanentes e de fluxo rápido, mas também em rios de fluxo lento, poças e lagos. Escondem-se entre a vegetação em zonas de corrente com pouca profundidade. Os adultos da maioria das espécies são voadores. Alimentação: As larvas se alimentam de material animal e vegetal, e são também predadores. Normalmente têm partes da boca adaptadas para morder as presas.	Tolerantes, algumas espécies (Gyrinidae) não toleram baixos níveis de oxigênio dissolvido.
Megaloptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Megaloptera Apelido: Fortão	Identificação: - São aquáticos, geralmente de cor vermelho acastanhada; - Parecem lagartas e têm brânquias ao longo de ambos os lados do seu abdômen; - Três pares de patas na secção média do corpo (tórax) com unhas muito finas e uma cauda única. Habitat: Podem ser encontradas no fundo de rios de água doce, limpos e de corrente lenta. Preferem viver na lama ou debaixo das pedras. Alimentação: São predadores ativos de outros invertebrados aquáticos e possuem mandíbulas fortes e bem desenvolvidas que usam para agarrar as presas.	Tolerantes, contudo são sensíveis a baixos níveis de oxigênio na água, preferem águas frias saturadas de oxigênio a águas quentes.

Quadro 2 - Organismos tolerantes

(conclusão)		
Heteroptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Hemiptera Sub-ordem: Heteroptera Apelido: Barata D'Água	Identificação: - São planos e compridos, sem asas - O segundo e terceiro par de patas são quase duas vezes mais longos que os seus corpos. - Patas anteriores pequenas para atacar e prender as presas - As suas patas têm pequenos pelos que contêm pequenas bolhas de ar, permitindo-lhes andar na superfície da água. Habitat: Vivem na superfície de rios de pouca corrente e outros tipos de águas calmas. Geralmente juntam-se em grupos. Quando alarmados por fortes vibrações na água, apressam-se em busca de abrigo. Alimentação: São predadores e detritívoros. Alimentam-se de uma variedade de invertebrados aquáticos, incluindo camarões, larvas de mosquito que vêm à superfície, e insetos que caem na água. Têm uma boca adaptada a morder e sugar, apanham a presa e sugam-na. Podem localizar as suas presas sentindo os mínimos movimentos ou vibrações feitas na superfície da água.	Tolerantes, vivem sobre a água e não são influenciados pela poluição desta.
Odonata Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Odonata Apelido: Libélula	Identificação: - Corpos delgados, com três brânquias no final do corpo semelhantes a cercos; - Mandíbulas extensíveis que se situam por baixo da cabeça; - Patas próximas da cabeça; - Olhos grandes e compostos (formados por muitos e pequenos olhos) permitem-lhes uma excelente visão. Habitat: Vivem nas plantas, entre as pedras e depósitos de folhas do fundo de lagoas ou de rios de fluxo lento. Alimentação: São predadores, alimentando-se maioritariamente de outros insetos na água, embora possam também ser canibais. Apanham o seu alimento com o lábio inferior (com dentes) que é normalmente articulado por baixo da cabeça do inseto.	Tolerantes, as suas larvas são sensíveis às perturbações do habitat porque precisam de vegetação aquática ou ripária nas águas onde habitam.

Nota: Adaptado de: Bis e Kosmala. Chave de Identificação para Macroinvertebrados Bentônicos de Água Doce, 2005.

Figura 4 - Coleoptera (Besouro d'água)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5 - Megaloptera (Fortão)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 6 - Heteroptera (Barata d'água)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 7 - Odonata (Libélula)



Fonte: Bis e Kosmala, 2005, p. 10.

Resistentes

Segundo França *et al.* (2008, p. 4), os organismos resistentes podem ser chamados de “bioindicadores de má qualidade de água”, pois sobrevivem em locais muito poluídos. Vivem no fundo dos rios, enterrados na areia ou lama, desde águas limpas até as sujas e sem oxigênio. Os autores ainda destacam “apelidos” para os bentos, com o intuito de promover uma melhor compreensão por parte dos estudantes, a saber: “Larva de Mosquitos” (Diptera), “Minhoca D’Água” (Annelida) e “Caramujo” (Mollusca).

A seguir, serão mostrados na Tabela 3, detalhadamente os organismos bentônicos classificados como resistentes, segundo Bis e Kosmala (2005, p. 11, 19-20):

Quadro 3 - Organismos resistentes

(continua)

Organismo	Características	Tolerância à Poluição
Diptera Filo: Arthropoda Classe: Insecta Ordem: Diptera Família: Chironomidae Apelido: Larva de Mosquitos	Identificação: • Semelhante a uma minhoca, com forma de C; • As larvas de chironomidae podem ser de várias cores, apenas as vermelhas são chamadas vermes sanguíneos. Habitat: A maioria dos vermes sanguíneos se encontram há cinco centímetros do sedimento (lodo do fundo das linhas de água). Muitas espécies vivem numa espécie de tubos de seda enquanto outros vivem livremente. Alguns podem viver na lama e água com baixos níveis de oxigênio. São uma importante fonte de alimento para insetos aquáticos maiores e para os peixes. Alimentação: Os vermes sanguíneos são geralmente detritívoros, alimentando-se de matéria morta animal e vegetal, outros são herbívoros comendo apenas plantas.	Muito tolerantes, têm hemoglobina, como os mamíferos, o que lhes permite captar melhor o oxigênio. Por este motivo não necessitam de muito oxigênio dissolvido no seu ambiente.
Annelida Filo: Annelida Classe: Oligochaeta Apelido: Minhoca D'Água	Identificação: • Corpos segmentados com extremidades arredondadas, sem patas e sem ventosas; • Em sua maioria possuem coloração vermelha; • Algumas espécies são pequenas com poucos segmentos e com o corpo claramente dividido em regiões especializadas; • Algumas espécies possuem algumas ou várias centenas de segmentos • Em certas espécies existem brânquias externas. Habitat: Ocorrem numa vasta gama de condições, em águas paradas e correntes. Alimentação: Alimentam-se de material orgânico e bactérias que estão presentes nos fragmentos de rochas e na lama. A lama é ingerida, mas não digerida.	Muito tolerantes, podem viver em rios com poluição orgânica uma vez que conseguem sobreviver em ambientes de baixa concentração de oxigênio.

Quadro 3 - Organismos resistentes

		(conclusão)
Mollusca Filo: Mollusca Apelido: Caramujo	Identificação: • Possui conchas que articulam uma com a outra, encontrando-se na maioria das vezes fechadas; • Têm conchas espessas, algumas de forma alongada, outras mais arredondadas; • Durante o processo de alimentação, as brânquias filtram as partículas da água para a concha. Habitat: Habitam no fundo dos rios, canais de irrigação e canteiros. Alguns conseguem sobreviver a extensos períodos de seca, enterrando-se na lama e fechando a sua concha. Alimentação: Alimentam-se de animais microscópicos e plantas. A sua alimentação e respiração é realizada sugando a água através de tubos, os sifões, que filtram as partículas.	São classificados como resistentes devido serem possíveis vetores de doenças, abrigando vermes em sua concha. Os bivalves acumulam os químicos tóxicos nos seus tecidos.

Nota: Organismos resistentes. Adaptado de: Bis e Kosmala. Chave de Identificação para Macroinvertebrados Bentônicos de Água Doce, 2005.

Segundo França *et al.* (2008, p. 4), o gênero *Mollusca* apesar de ser considerado tolerante a certos níveis de poluição, vive dentro de uma concha que o protege dos predadores. Alguns vermes aproveitam da sua concha e utilizam-na como “esconderijo”, ao qual podem causar doenças, assim sendo, este organismo indica má qualidade de água e por este motivo é classificado como resistente.

Figura 8 - Diptera (Larva de Mosquitos)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 9 - Annelida (Minhoca d'água)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 10 - Mollusca (Caramujo)



Fonte: Arquivo pessoal.

O biomonitoramento como alternativa de análise da qualidade de água

A utilização dos bioindicadores de qualidade da água é extremamente significativa para a efetivação do biomonitoramento em razão de suas peculiaridades a determinados tipos de impacto nas águas, conquanto a sensibilidade que os mesmos possuem em face de sua tolerância às adversidades ambientais, inclusive a determinados tipos de poluentes. Desta forma, a abordagem do biomonitoramento fundamenta-se em pesquisas de campo, que buscam analisar as alterações estruturais e funcionais encontradas em determinado local (ARIAS *et al.*, 2007, p. 66).

Através de um programa de biomonitoramento podemos avaliar se os organismos são adaptados às condições ecológicas e se são capazes de viver em águas com características distintas. Em trechos de rios bem preservados onde as condições são naturais, é possível encontrarmos organismos sensíveis à poluição e indicadores de águas de ótima qualidade. Por outro lado, em rios poluídos, que recebem esgotos domésticos sem tratamento, lixo e efluentes industriais, vivem organismos capazes de viver em águas contaminadas. Essas características permitem caracterizar comunidades de organismos bentônicos em um gradiente de tolerância à poluição. O ideal é que encontremos uma ampla variedade de organismos, desde sensíveis a tolerantes e resistentes. O problema começa quando os organismos sensíveis desaparecem e, depois, também desaparecem os tolerantes, e então restam apenas os resistentes.

Estudando os bioindicadores que vivem no fundo dos rios, temos um excelente laboratório ao ar livre, onde é possível aprender muito sobre a qualidade da água. Assim, podemos contribuir para a preservação de nossas águas e ajudar as pessoas a evitar doenças. Crianças e jovens em escolas públicas e particulares têm incorporado esta abordagem ecológica em seu cotidiano, através de iniciativas de mobilização social para conservação da biodiversidade (CALLISTO; FRANÇA, 2012, p. 201).

Segundo Goulart e Callisto (2003), diversos são os motivos para a utilização do biomonitoramento, também conhecido por monitoramento biológico:

os macroinvertebrados bentônicos possuem hábito sedentário, sendo portanto, representativos da área na qual foram coletados; 2), apresentam ciclos de vida relativamente curtos em relação aos ciclos dos peixes e irão portanto refletir mais rapidamente as modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades; 3) os macroinvertebrados vivem e se alimentam dentro, sobre, e próximo aos sedimentos, onde as toxinas tendem a acumular; 4) as comunidades de macroinvertebrados bentônicos apresentam elevada diversidade biológica, o que significa em uma maior variabilidade de respostas frente à diferentes tipos de impactos ambientais; e 5) os macroinvertebrados são importantes componentes dos ecossistemas aquáticos, formando como um elo entre os produtores primários e servindo como alimento para muitos peixes, além de apresentar papel fundamental no processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (ROSENBERG; RESH, 1993; WARD *et al.*, 1995; REECE; RICHARDSON, 1999; CALLISTO; MORETTI; GOULART., 2001 *apud* GOULART; CALLISTO, 2003, p. 3-4).

Segundo Goulart e Callisto (2003, p. 3), esclarecem sobre o Programa de Biomonitoramento Ambiental deve ser realizado por meio de protocolos que objetivam a avaliação de índices biológicos, tendo como base os macroinvertebrados bentônicos e o seu habitat. Dentre os métodos, devem abranger o levantamento de espécies e índices de diversidade, quantitativo de organismos resistentes, perda de organismos sensíveis, etc.

Goulart e Callisto (2003) também consideram a necessidade do monitoramento biológico na avaliação preliminar de riscos biológicos, de forma preventiva dos ecossistemas em risco, em virtude da gama de diversidade dos impactos ambientais que podem incidir sobre os ecossistemas aquáticos.

Segundo Callisto, Gonçalves Júnior e Moreno (2005), esclarecem sobre o Programa de Biomonitoramento Ambiental:

É o que integra medições físicas, químicas e biológicas, permitindo a caracterização físico-química dos ecossistemas aquáticos de uma bacia hidrográfica e o estudo da ecologia dos organismos bioindicadores de qualidade da água. O uso desses organismos como bioindicadores é

baseado em um princípio simples: submetidos a condições adversas, os organismos se adaptam ou morrem. Portanto, os organismos que vivem em um dado ecossistema estão adaptados as suas condições ambientais e, por isso, devem refletir o nível de preservação das condições naturais ou as alterações provocadas pela emissão de poluentes ambientais (CALLISTO; GONÇALVES JÚNIOR; MORENO, 2005, p. 5).

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) por meio da equipe do Laboratório de Ecologia de Bentos do Instituto de Ciências Biológicas realiza pesquisas e promovem atividades de Educação Ambiental por meio dos Bioindicadores de Qualidade de Água, levando o trabalho para diversas escolas no circuito da bacia do Rio das Velhas, inclusive realizando capacitação de professores e equipes que se interessam em trabalhar com o tema nas escolas de educação básica, segundo Callisto *et al.* (2006).

Assim sendo, corroborando com as contribuições dos autores mencionados anteriormente, Queiroz, Moura e Silva (2008) também consideram que o biomonitoramento é uma alternativa necessária para a análise qualitativa da água, sendo que o mesmo é fundamental para assegurar a preservação do meio ambiente, o desenvolvimento da economia, a saúde pública e a qualidade de vida dos seres humanos. Tal procedimento tornou-se fundamental para o manejo ambiental e, sobretudo para a proteção dos ecossistemas aquáticos, conquanto o mesmo permita demonstrar se a situação da integridade dos referidos ecossistemas vem sendo mantida também pode ser associado ao monitoramento físico, químico e biológico da água, através de kits e protocolos laboratoriais, permitindo assim, uma visão mais ampla do processo de biomonitoramento.

Conclusão

Apesar da não obrigatoriedade da disciplina “Educação Ambiental” nas escolas públicas, essa temática deve ser inserida e trabalhada na grade curricular comum já existente, como “Geografia”, “História”, “Ciências”, “Química”, “Física”, etc.

O papel do docente formador neste processo é fundamental. Para a abordagem de um conteúdo com as temáticas ambientais, deve-se atentar para que o assunto escolhido seja uma realidade real no ambiente geográfico ao qual os alunos estão inseridos.

Podemos inferir que para a efetividade de ações ambientais, é importante a participação de crianças e jovens, pois estes grupos representam as gerações futuras, em formação e deste modo, instigar a consciência da importância da preservação do meio ambiente assegura a formação de hábitos e comportamentos sustentáveis no futuro.

Vivemos uma era em que a escassez de água se agrava pela disponibilidade e demanda. Como um recurso natural, a mesma pode ser concebida diferentemente do instituto dos recursos hídricos, os quais, por sua vez, podem ser compreendidos como as parcelas das águas superficiais e subterrâneas que estão disponíveis para utilização, como também as que podem ser objeto de valoração econômica em razão desta.

Os bioindicadores de qualidade de água, no que concernem à sua tolerância face a adversidades ambientais, considerando-se os chamados macroinvertebrados bentônicos (espécies de organismos que “deduram” a qualidade da água), podem ser classificados em três grupos principais (embora também comportem exceções dentro dos respectivos grupos): organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes, conforme mencionados anteriormente.

Por fim, compreendemos que ao utilizar os macroinvertebrados bentônicos como subsídios a atividades de Educação Ambiental, é possível articular aulas dinâmicas e interessantes de forma interdisciplinar, ao qual pode despertar a curiosidade pela busca de novos conhecimentos e o espírito de “cientista mirim” nas crianças e jovens, além de poder propiciar coletas e realizar análises com intuito de avaliar e acompanhar a qualidade das águas. Dessa forma, este curso se torna eficaz trabalhar atividades de educação ambiental nas escolas.

Referências

AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p.163-177, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200163>. Acesso em: 01 fev. 2018.

ARIAS, A. R. L. *et al.* Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

BARONI, M. Ambigüidade e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração de Empresas**, v.32, n. 2, p. 14-24, 1992 *apud* PELICIONI, M. C. F. Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 19-31, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v7n2/03>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

BIS, B.; KOSMALA G. **Chave de identificação para macroinvertebrados bentônicos de água doce**. 2005. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/24934-Chave-de-identificacao-bentonicos-de-agua-doce.html>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

BRASIL. Constituição (1998). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 18 ago. 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9795.htm>. Acesso em: 18 ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conceitos de Educação Ambiental**. Brasília, DF: MMA, [20--]. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental>>. Acesso em: 2 mar. 2018

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: meio ambiente**. Brasília: MEC/SEF, 1998a.

CALLISTO, M. *et al.* **2º curso de treinamento: bioindicadores e biomonitoramento da qualidade de água na Bacia do Rio das Velhas (MG)**. Belo Horizonte: UFMG. ICB. Departamento de Biologia Geral. Laboratório de Ecologia de Bentos, 2006. 16 p. Apostila.

CALLISTO, M.; FRANÇA, J. S. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água: experiências em educação ambiental e mobilização social. **Revista Extensão**, v. 2, n. 1, p. 200, 2012. Disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2012/Franca&Callisto2012-RevistaExtensao.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2016.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; MORENO, P. **Invertebrados aquáticos como bioindicadores**. Belo Horizonte: UFMG. ICB. Departamento de Biologia Geral. Laboratório de Ecologia de Bentos, 2005. 9 p. Arquivo interno.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MORETTI, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001 *apud* GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO DE RECURSOS NATURAIS (São Paulo). DEPARTAMENTO DE USO DO SOLO METROPOLITANO (São Paulo). Equipe Técnica de Mogi das Cruzes. **Água e recursos hídricos**. Mogi das Cruzes, SP: DEPRN; DUSM, [20--]. Disponível em: <<http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/definicoes.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

DIAS, G. F. **Educação ambiental**: princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1992 *apud* PELICIONI, M. C. F. Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 19-31, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v7n2/03>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

DIEGUES, A. C. S. Desenvolvimento sustentável ou sociedades sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. **São Paulo em Perspectiva**, v. 6, n. 1/2, p. 22-29, 1992 *apud* PELICIONI, M. C. F. Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 19-31, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v7n2/03>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

FRANÇA, J. *et al.* **Tem bicho no rio! Isso é bom ou é ruim?** Belo Horizonte: UFMG. ICB. Departamento de Biologia Geral. Laboratório de Ecologia de Bentos, 2008. 4 p. Documento interno.

GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

LEMO, D. de S.; LEMO, T. R. M. de S. Aspectos jurídicos da sustentabilidade da água. **Âmbito Jurídico**, v. 12, n. 71, 2009. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?artigo_id=6994&n_link=revista_artigos_leitura>. Acesso em: 5 fev. 2018.

LEONTIEV, A. N. Os princípios psicológicos da brincadeira pré-escolar. In: VIGOTSKI, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 6. ed. São Paulo: EDUSP, 1998. p. 121.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortêz, 1994, 263 p.

MACHADO, P. A L. **Recursos hídricos**: direito brasileiro e internacional. São Paulo: Malheiros, 2002. 414 p. *apud* AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico

das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p.163-177, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200163>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MOURA, A. J. A crise hídrica no Brasil: a água como elemento raro e caro. **Revista científica eletrônica FACIMEDIT**, v. 4, n. 1, p. 2-4, 2015. Disponível em: <<http://www.facimed.edu.br/o/revista/pdfs/dce3ce60a047a950fe99e9fc44cc3a12.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

PELICIONI, M. C. F. Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 19-31, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v7n2/03>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

OLIVEIRA, F. N. S.; FREIRE, F. das C. O.; AQUINO, A. R. L. de. **Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa, 2004.

PEREIRA JÚNIOR, J. de S. **Recursos hídricos**: conceituação, disponibilidade e usos. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. Disponível: <http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema14/2004_2687.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2018.

QUEIROZ, J. F. de; MOURA, M. S. G.; SILVA, S. T. S. **Organismos bentônicos**: biomonitoramento de qualidade de águas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008.

REECE, P. F.; RICHARDSON, J. S. **Biomonitoring with the reference condition approach for the detection of aquatic ecosystems at risk**. In: DARLING, L. M. (Ed.). *Proceedings biology and management of species and habitats at risk*. Victoria: British Columbia, 1999. v. 2. p. 15-19 *apud* GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Introduction to fresh water biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall, 1993. p. 1-9 *apud* GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

SADER, E. A ecologia será política ou não será. In: GOLDENBERG, M. (Org.). **Ecologia, ciência e política**: participação social, interesses em jogo e luta de idéias no movimento ecológico. Rio de Janeiro: Revan, 1992, p. 135-142 *apud* PELICIONI, M. C. F. Educação ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 19-31, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v7n2/03>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ. **Água**: conhecer e entender para preservar. Resumo. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1901-8.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2017.

TRAJBER, R.; MEDONÇA, P. R. **Educação na diversidade**: o que fazem as escolas que dizem que fazem educação ambiental. Brasília: Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2007. 262 p.

WARD, D.; HOLMES, N.; JOSÉ, P. The New Rivers & Wildlife Handbook. RSPP, NRA e The Wildlife Trusts. Sandy, Bedfordshire: Royal Society for the Protection of Birds, 1995. 426 p. *apud* GOULART, M. D. C; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

Processo de Avaliação por Pares: *Blind Review*

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2018

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico Multidisciplinar - UFVJM