

APÊNDICE 1 – PRODUTO FINAL – CADERNO PEDAGÓGICO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS AUGUSTO DOS SANTOS FAIAS JUNIOR

ÁREA: CIÊNCIAS DA NATUREZA / CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PÚBLICO ALVO: ENSINO MÉDIO

A ÁGUA COMO EIXO ARTICULADOR NAS CIÊNCIAS DA NATUREZA

MATINHOS
2018

APRESENTAÇÃO

Colega professor (a)

Visando superar os obstáculos da aprendizagem nas escolas, este caderno apresenta estratégias pedagógicas para professores da educação básica, direcionada ao ensino por área de conhecimento em Ciências da Natureza: Física, Química e Biologia através do eixo articulador qualidade da água.

O objetivo principal é promover a aprendizagem e estimular o interesse dos alunos sobre as Ciências da Natureza empregando uma temática do cotidiano e de fácil contextualização. Reuniram-se atividades experimentais com materiais de baixo custo, fácil acesso e manuseio para serem aplicados em sala de aula ou laboratórios de escolas.

A partir de parâmetros químicos, físicos e biológicos, determinados por órgãos oficiais, utilizados para determinar a qualidade da água, foram adaptados experimentos que se fundamentam em conceitos das Ciências da Natureza, abordados nas diretrizes da Educação Básica do estado do Paraná como, por exemplo, na Química o pH, soluções e misturas; na Biologia a taxonomia, fauna, equilíbrio ecológico aquático, e na Física a energia elétrica, corrente elétrica, condutividade entre outros.

Algumas vezes os livros didáticos trazem exemplos de situações distantes e descontextualizadas, e sabendo que atividades experimentais tornam as aulas dinâmicas e motivadoras, a investigação promove a curiosidade e o interesse, isso ajuda o aluno compreender que as Ciências da Natureza estão mais próximas do que se imagina.

As atividades apresentadas foram aplicadas e avaliadas com / por estudantes de curso de licenciatura de ensino superior, e obtiveram respostas positivas como facilitadora e integradora do ensino e aprendizagem das Ciências da Natureza. As análises químicas, físicas e biológicas foram realizadas conforme as metodologias determinadas por órgãos oficiais e adaptadas aos experimentos com materiais de baixo custo confirmando a proximidade dos resultados demonstrando resposta satisfatória ao material proposto neste caderno.

Desejo que este caderno pedagógico sirva para que professores e alunos possam desfrutar de momentos de aprendizagem mútuos e satisfatórios.

ATENCIOSAMENTE,

CARLOS AUGUSTO DOS SANTOS FAIAS JUNIOR

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
Explorando o terreno	7
Reflexão	11
UNIDADE I - AGUA E VIDA	16
A origem da água	16
A água e a vida	17
Influências do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água	18
A qualidade da água e os indicadores	19
Elaboração do croqui	21
UNIDADE II – OS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS	23
Orientações para a coleta dos bentos	27
Vamos estudar os Bentos para poder identificá-los?	29
Observando os bentos coletados no rio	32
UNIDADE III – EXPERIMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS ADAPTADOS AOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	35
Determinação do pH de substâncias caseiras com solução indicadora de repolho roxo	35
Condutividade elétrica da água	43
Turbidez e Sólidos suspensos em solução	47
UNIDADE IV – ÁGUA E QUALIDADE DE VIDA	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

Introdução

A preocupação com a disponibilidade, consumo e poluição da água vem sendo objeto de reflexão desde a década de 1970. Essa preocupação tem pautado leis e exigido mudanças de comportamento, pois as reservas de água potável estão diminuindo e o consumo vem aumentando significativamente.

Devido à sua relevância, a água foi incluída como tema de estudos para o ensino de ciências em diversos níveis educacionais. Reunindo propriedades químicas, físicas e biológicas esta substância possibilita uma integração de conceitos e fenômenos abordados nos currículos escolares. Ainda de fácil acesso e baixo custo, seu uso em atividades pedagógicas permite aulas mais atrativas, motivadoras e dinâmicas promovendo uma aprendizagem significativa.

Tradicionalmente a temática da água é abordada pela disciplina de Química, principalmente quando são tratados assuntos como separação de misturas, substância pura, ligações químicas, soluções, forças intermoleculares, polaridade, geometria, ácidos/bases, entre outros (QUADROS, 2004). Considerando o enfoque tradicional e disciplinar o uso da Qualidade da Água como um tema interdisciplinar raramente ocorre na Física ou na Biologia.

A educação brasileira recebe influências de vários contextos. De acordo com os PCNs Ensino Médio (BRASIL, 2000) os objetivos em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. As exigências atuais implicam em uma crescente valorização do conhecimento e da capacidade de propor atividades significativas, sendo crucial a escola ser capaz de possibilitar aos cidadãos um aprendizado contínuo, que será essencial em sua formação geral e não apenas um treinamento específico. No âmbito das Diretrizes Curriculares da Educação Básica Biologia (PARANÁ, 2008a) a abordagem dos conteúdos disciplinares, no espaço escolar, deve ocorrer de forma contextualizada. Aos professores cabe subsidiar os estudantes para que estes possam ser capazes de estabelecer relações entre os conteúdos discutidos nos diferentes momentos pedagógicos com as demais disciplinas. Entretanto, tais relações devem ser especialmente críticas. A clássica

rigidez, com que tradicionalmente se apresentam os conteúdos, interfere expressivamente na percepção do estudante da relevância dos temas em estudo. Além disso, as Ciências da Natureza apresentam dimensões na sociedade contemporânea que não estão estacionadas no tempo; elas fluem como a própria água, transpondo barreiras do passado na medida em que o conhecimento e a produção científica igualmente avançam.

As Diretrizes Curriculares da Educação Básica Física (PARANÁ, 2008b) destacam que se defende um currículo elaborado numa abordagem de conteúdos subsidiados por dimensões científica, artística e filosófica do conhecimento. Desta forma o trabalho pedagógico do professor se direciona para a totalidade do conhecimento acadêmico e sua relação com o cotidiano no qual o estudante se insere. As Diretrizes Curriculares da Educação Básica Química (PARANÁ, 2008c) alertam para que o professor esteja atento e não desmereça os saberes historicamente elaborados, em prol de uma prática e na busca da conquista empática dos estudantes. A realidade na qual o estudante vive é o ponto de partida, o planejamento do professor deve auxiliar este estudante a desenvolver-se cognitivamente num processo de sistematização do saber científico.

Considerando o que foi exposto fica evidente que o conhecimento dos conteúdos deve ser apropriado pelo estudante a partir de relações dialógicas, quer no espaço comum da escola ou em outros ambientes destinados a uma educação menos formal. Essa proposta de ensino vai contra a aprendizagem mecânica, na qual o estudante apenas memoriza conceitos e fórmulas, sem, de fato, apropriar-se do significado real. Nesse caminho Zabala (1998) propõe uma modalidade de aprendizagem estruturada em três dimensões: conceitual, procedimental e atitudinal. Nessa modalidade a aprendizagem a dimensão conceitual está focada em responder ao questionamento “*Saber sobre o quê?*”. O professor planeja sua proposta de ensino considerando os conceitos, termos e princípios do universo das ciências que são necessários para o estudante interpretar as situações corriqueiras.

Zabala (1998) ainda destaca que a dimensão procedimental implica oportunizar ao estudante vivências que o conduzem a responder ao questionamento “*Saber fazer?*”. Assim o professor compõe sua proposta de ensino considerando um conjunto de atividades que o estudante irá realizar, atuando como um ator ativo no processo de ensino e aprendizagem. Nessa dimensão incluem-se habilidades,

competências e estratégias que constituem os saberes necessários para a resolução de problemas. Nessas vivências, o estudante obtém subsídios para a argumentação e a apropriação dos saberes em estudo. Na dimensão atitudinal inserem-se os valores, normas e a moral relacionados aos conteúdos em estudo, que buscam responder ao questionamento “Saber sobre as atitudes?”. Deste modo, a proposta de atividades sistematizada pelo professor deve permitir que o estudante tome decisões fundamentadas, resgatando os saberes apropriados numa prática de desenvolvimento sustentável.

Considerando as argumentações apresentadas, esse Caderno Pedagógico tem o objetivo de apresentar sugestões para o desenvolvimento de uma abordagem da temática “**Água e Qualidade da vida**”, na área de conhecimento Ciências da Natureza. A estrutura proposta foi construída num perfil que busca ser dialógica em quatro etapas:

- O **Ponto de partida** compreende o resgate dos saberes prévios dos estudantes, buscando a partir de uma problematização inicial sensibilizar para o aprender;
- A seguir são apresentadas **Orientações ao professor** para a composição de um planejamento estruturado com particular ênfase na dimensão procedimental que se pretende explorar com o estudante;
- Ainda no contexto da dimensão procedimental apresentamos algumas **Sugestões de encaminhamento** que podem se encaixar em diferentes realidades, inclusive com roteiros para experimentos práticos;
- Para fundamentar a proposta, de modo a provocar reflexões, incluímos **Apoios pedagógicos** na forma de textos, vídeos e leituras, que acreditamos estarem relacionados com as dimensões conceitual e atitudinal.

Explorando o terreno

Prezado colega Professor (a), nosso modo de entender nos permite acreditar que o resgate dos saberes prévios do estudante é fundamental para a estruturação de uma proposta de planejamento. Assim a amplitude do terreno que

vamos caminhar suleará ¹nossa proposta de ação pedagógica. Procure informações em sua região sobre respostas para as questões que apresentamos no **Ponto de Partida**. Isso será fundamental para que você possa oportunizar aos seus estudantes uma aprendizagem sustentada por um embasamento na realidade local.

Além dos questionamentos suleadores, é relevante que se apoie nos conteúdos estruturantes da sua área de ensino, conforme apresentados nos PCNs do Ensino Médio (BRASIL, 2000). Esse documento deixa evidente que cada ciência particular possui um código intrínseco, uma lógica interna, métodos próprios de investigação, que se expressam nas teorias, nos modelos construídos para interpretar os fenômenos que se propõe a explicar. Apropriar-se desses códigos, dos conceitos e métodos relacionados a cada uma das ciências, compreender a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, significa ampliar as possibilidades de compreensão e participação efetiva nesse mundo.

Ponto De Partida - Questionamentos Suleadores

- **De onde vem a água que utilizamos em nossas atividades diárias?**
- **Que caminhos a água percorre desde seu ponto de origem até chegar a nossas casas?**
- **De que forma o ser humano interfere nessa água ao longo deste caminho?**

Para as três áreas das Ciências da Natureza, os PCNs Ensino Médio (BRASIL 2000) afirmam que a disciplina de Biologia compreende os conhecimentos do fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, nos níveis de células, indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio. Um sistema vivo é sempre

¹ Nortear é uma palavra que põe em evidência nossa dependência epistemológica com o Ocidente. O Projeto Político do Setor Litoral preconiza a emancipação dos sujeitos e para isso afirma que é preciso sulear o pensamento. Nesse sentido, Mongobe Ramoi diz que não devemos mais buscar o Norte e sim o Sul, ou seja, devemos sulear o nosso pensamento. É preciso sulear a nossa forma de compreensão epistemológica existencial. Isso significa fazer o caminho contrário. Porque quando dizemos a palavra nortear estamos afirmando que é no norte que estão todas as potencialidades civilizatórias, esquecendo toda a contribuição dada pelos os outros povos. DANTAS, L. T. F. Filosofia desde África: perspectivas descoloniais. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Filosofia do Setor de Ciências Humanas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação entre esse mesmo sistema e demais componentes de seu meio. As diferentes formas de vida estão sujeitas a transformações, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo, ao mesmo tempo, propiciadoras de transformações no ambiente.

A Física envolve um conhecimento que permite elaborar modelos de evolução cósmica, investigar os mistérios do mundo submicroscópico, das partículas que compõem a matéria, ao mesmo tempo em que permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias. Incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, esse conhecimento tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Com essa concepção espera-se que o ensino de Física, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (BRASIL 2000).

A Química participa do desenvolvimento científico-tecnológico com alcances econômico, social e político. A sociedade e seus cidadãos interagem com o conhecimento químico por diferentes meios. A tradição cultural difunde saberes, fundamentados em um ponto de vista químico, científico, ou baseados em crenças populares. Por vezes, podemos encontrar pontos de contato entre esses dois tipos de saberes, como, por exemplo, no caso de certas plantas cujas ações terapêuticas popularmente difundidas são justificadas por fundamentos químicos. Daí investirem-se recursos na pesquisa dos seus princípios e das suas aplicações. Mas as crenças populares nem sempre correspondem a propriedades verificáveis e podem reforçar uma visão distorcida do cientista e da atividade científica, a exemplo do alquimista, que foi visto como feiticeiro mágico e não como pensador partícipe da visão de mundo de sua época (BRASIL 2000).

No Estado do Paraná as Diretrizes Curriculares da Educação Básica dimensionam o papel dos Conteúdos Estruturantes como saberes amplos que

sistemizam os temas de estudo considerados fundamentais em cada área do saber. Sendo assim, os saberes de Biologia (DCEB Biologia, PARANÁ 2008) tem suas raízes vinculadas ao fenômeno VIDA. Deste modo, são estruturados quatro modelos interpretativos deste fenômeno no Ensino Médio (Organização dos Seres Vivos; Mecanismos Biológicos; Biodiversidade e Manipulação Genética). Cada um buscar subsidiar a compreensão das grandes problemáticas da contemporaneidade. A Física por sua vez (DCEB Física, PARANÁ 2008) está representada por três grandes sínteses (Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo). Nas quais ideias, conceitos e definições, princípios, leis e modelos físicos, deverão estar inseridas nas propostas pedagógicas curriculares das escolas. Por fim a Química (DCEB Química, PARANÁ 2008) está articulada em três pautas de conteúdos (Matéria e sua natureza; Biogeoquímica e Química sintética).

Uma vez esclarecido, as diretrizes curriculares e os conteúdos estruturantes que devem sulevar sua proposta pedagógica, cabe ao professor sistematizar o seu planejamento. Considerar a água como ponto de referência numa abordagem interdisciplinar no Ensino Médio é pautar-se num tema de raízes locais. Discutir com os estudantes **“Água e Qualidade de Vida”** certamente irá contribuir com a apropriação de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, relevantes para a formação acadêmica e cidadã destes estudantes (ZABALA, 1998). Entretanto, o professor deve estar muito bem fundamentado para impedir que seu planejamento *“vá por água abaixo”*, como diz uma expressão popular. Cada escola conduz a estruturação do planejamento pedagógico conforme seu Projeto Político Pedagógico.

Desse modo, não é conveniente querer engessar o professor num modelo de planejamento. Mas cabem algumas ponderações sobre a perspectiva da tomada de decisão a respeito dos objetivos de aprendizagem a serem explorado, de forma consciente, para que o processo educacional ocorra de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas nos estudantes envolvidos. Com esta lógica o planejamento elaborado consistirá no resultado de um processo diretamente relacionado à escolha dos conteúdos conceitual, procedimental e atitudinal em estudo. Salientando ainda que os recursos disponíveis, as estratégias de ensino, os instrumentos de avaliação e a metodologia a ser adotada são decisões que o professor precisa explorar, considerando o período de tempo que se dedicará aos

conteúdos. Apresentamos a seguir algumas sugestões de recursos pedagógicos e leitura adicionais.

Músicas ou Vídeos

- **A Natureza está falando. Conservação Internacional.**
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hUKjROYPqGY>>
- **Planeta água. Guilherme Arantes.**
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xzh0j4xt7io>>.
- **Planetinha água. Beto Hermann.**
Disponível em: <<https://www.interacaoprojetos.com.br/?p=177>>
- **O Homem e a natureza. Banda Blindagem.**
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=c9wBEYbox8o>>

Outras questões pertinentes

O que você entende pela expressão “Água e qualidade de vida”?

O que você entende por “Bacia Hidrográfica”?

Como você entende a palavra indicadores?

O que são parâmetros de qualidade?

Como os saberes da Física, Química e Biologia estão envolvidos na determinação de parâmetros de qualidade da água?

Reflexão

Vivemos em uma época na qual a palavra cidadania está presente no discurso de professores, políticos, ativistas e muitos outros, entretanto, poucas pessoas conhecem de fato o significado deste termo. O que de fato, significa ser cidadão? Essa palavra é bem antiga na história da humanidade, sua origem remonta a Grécia, cerca de 2.500 anos e sofre gradativamente inúmeras modificações. Na Carta de Direitos Humanos da ONU (1948) ser cidadão é ter direitos e deveres.

Nesse documento a ONU destaca que todos os homens, seres humanos, são iguais perante a lei, independente de raça, credo e etnia. Igualmente está referendado que todos os cidadãos têm direito a um salário digno, à educação, à saúde, à habitação e ao lazer. Todos têm direito de se manifestar livremente, podendo militar em partidos políticos, sindicatos, movimentos e organizações da sociedade civil.

Mas e quanto aos deveres do cidadão? A Carta estabelece que caiba aos seres humanos fazer valer os direitos para todas as pessoas, ter responsabilidade pelo grupo social, respeitar e cumprir as normas e leis elaboradas e decididas coletivamente, todavia, na prática, o que se observa é que, em países como o Brasil, onde uma parcela representativa da população vive na miséria, enquanto uma pequena parcela desfruta da riqueza, a concretização dos ideais propostos não acontece. Deste modo, torna-se evidente que o significado integral da palavra cidadania só passa a ter sentido se forem garantidas, a todas as pessoas, condições dignas de vida, combate à discriminação e garantia do exercício da cidadania.

Resgatamos nesse diálogo o significado do termo cidadania porque acreditamos que este tem sua relevância na proposta que concebemos. Neste sentido, destacamos que a água é uma substância natural essencial para a existência e manutenção da vida na Terra. Entretanto, no planeta e em nosso país, há muitos que vivem com ausência de saneamento básico, uso inadequado e desperdício de água. As consequências refletem nas taxas de mortalidade infantil, pois a falta de saneamento pode provocar transmissão de doenças, contaminação dos alimentos e da água. Dados da UNICEF e da OMS revelam que quase metade da população mundial carece de serviços de saneamento básico e que 1/6 não possui sistema de abastecimento. O abastecimento de água potável e o saneamento ambiental podem reduzir em 75% as taxas de mortalidade e enfermidades (HIRATA, 2000).

Diante deste cenário percebe-se a importância de se incluir nas discussões uma análise crítica do abastecimento de água potável e do saneamento básico, na realidade em que o estudante está inserido. Discussões sobre essa temática são essenciais para que os seres humanos alcancem a cidadania plena. Deste modo, o professor se envolve numa proposta holística de planejamento pedagógico.

A água não está desintegrada do que ocorre no planeta, ela é fundamental. As ações humanas de uso e ocupação do solo causam interferências na qualidade

das águas superficiais e subterrâneas. Em diferentes regiões da superfície do planeta encontramos fontes de poluição, algumas destas estão limitadas a uma pequena área, as fontes pontuais, que podem permitir o estabelecimento de um programa de recuperação deste recurso. Porém, em outros casos, as fontes de poluição deixam de ser pontuais e se dispersam, afetando de modo expressivo muitos seres que dela dependem.

No contexto dos conteúdos que o estudante do Ensino Médio, nas áreas de Física, Química e Biologia, devem se apropriar, a água é reconhecida como matéria encontrada naturalmente em três estados (sólido, líquido e gasoso), que apresenta propriedades, atua como solvente universal, transportadora de materiais, quer sob a forma iônica ou de partículas sólidas. A presença desta água nos ecossistemas cria um conjunto de variáveis que possibilita a presença ou ausência de um amplo conjunto de seres vivos. Neste conjunto se inclui bactérias, protozoários, fungos, animais e vegetais, sendo denominados bioindicadores de qualidade da água.

Por sua origem e essência o conhecimento científico nas áreas das Ciências Naturais (Física, Química e Biologia) é carregado de termos técnicos, muitos dos quais construídos numa língua que poucos possuem referência (o Latim). Isso provoca um desconforto para professores e estudantes. Afetando o diálogo necessário para a apropriação dos saberes em estudo. Objetivando diminuir essa lacuna incluímos um glossário ao final do Caderno Pedagógico. Além disso, sempre que considerarmos importante incluiremos explicações adicionais entre parênteses auxiliando no entendimento de nossa proposta.

Em alguns momentos a abordagem de conteúdos nas Ciências da Natureza é reconhecidamente complexa. Mas, o professor tem fortes aliados que podem lhe conduzir por um caminho tranquilo e efetivo. Neste particular, o emprego de aulas práticas e teóricas, na dosagem certa, hão de tornar a aprendizagem significativa. Esperamos que, após o desenvolvimento da proposta de ensino apresentada neste Caderno Pedagógico, os envolvidos no processo tenham finalmente compreendido o significado da expressão: **“Água e Qualidade de Vida”**.

A vida no planeta Terra depende de uma água de boa qualidade e não temos o direito de comprometer este bem natural. É importante que todos se importem, cuidem e se apropriem de saberes para preservar as águas. O respeito a diversidade de vida e aos ecossistemas existente no planeta Terra é um respeito a

nós mesmos, e todas as formas de vida (microscópicas ou macroscópicas) estão inter-relacionadas, sendo responsáveis, junto com outros fatores, pelo equilíbrio da vida na Terra e qualquer desequilíbrio será capaz de produzir prejuízos para todos, porque estamos juntos. Pense nisso!

Outra questão pertinente ao planejamento de uma proposta de ensino em Ciências Naturais (Física, Química e Biologia) junto à temática **“Água e Qualidade de Vida”** é o modo como o professor dialoga com seus estudantes. A sala de aula é um espaço de troca de saberes. A construção da proposta de ensino deve oportunizar a confiança, o respeito e a responsabilidade dos atores que dividem o cenário do processo ensino aprendizagem.

Consideramos importante que o professor sistematize suas atividades em três fases: contextualização, vivências e entendimento. Na primeira, são exploradas questões que servirão para contextualizar e sulevar a discussão dos temas em estudo. Na segunda, é o momento em que o estudante se percebe no universo da temática em estudo. Para tanto o professor utilizará diferentes vivências (aulas expositivas, momentos de leitura, atividades experimentais, debates, jogos educativos, dinâmicas, aulas de campo, visitas monitoradas, sessões de vídeo e momentos científico-culturais). Essas vivências terão por objetivo provocar no estudante reflexões sobre os conteúdos, pois implicam em situações de ensino multivariadas, possibilitando o entendimento.

Ao professor cabe criar um vínculo com seus estudantes, planejar, estruturar um espaço de aprendizagem, compor vivências e orientar o estudante em sua trajetória de busca do saber. A orientação dos estudantes deve ser conduzida num espaço dialógico, os assuntos em estudo devem ser interpretados na dimensão local, regional e planetária, considerando o cotidiano do estudante, que é o ponto de partida para a aprendizagem.

Explorar os arredores da escola oferece boas oportunidades para o aprender a fazer, numa dimensão conceitual, procedimental e atitudinal dos conteúdos em estudo. Nesse sentido, o diálogo de preparação é importante e deve ser construído em várias vertentes. Desde questões pedagógicas até o horário, o vestuário, a alimentação, a higiene, o vocabulário e outros aspectos que afetam as relações interpessoais num convívio que se busca compartilhar saberes. Nestes últimos

tempos incluem-se até mesmo questões que passam pelo universo das redes sociais em que o estudante interage e igualmente constrói sua cidadania.

Ampliando Saberes

- **Uma abordagem interdisciplinar sobre Qualidade da Água como Estratégia para o Ensino de Ciências.** Anacleto, R. G.; Bilotta, P.
- **‘Água para todos: Uma proposta Interdisciplinar.** Corrêa, A. S.; Moutinho Junior, R. J.; Boas, S. G. S.; Oliveira, A. P.
- **Projeto “Água nossa de cada dia”.** Domingos, F.; Chaves, J. P.; Mazza, M. G.G.; Halasz, M. R. T.
- **Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais.** Ferraz, A. P. do C.; Belho, R. V.

O espaço denominado laboratório é um excelente aliado para as Ciências Naturais (Física, Química e Biologia), no qual as atividades práticas estimulam o trabalho cooperativo e ainda permitem ao estudante vivências estruturadas nas etapas do Método Científico. Cabe ao professor explorar as normas de segurança, pois nestes espaços geralmente existem substâncias perigosas, que podem estar em prateleiras ou armários, além de que alguns experimentos podem oferecer riscos como os que utilizam fogo, substâncias tóxicas e energia elétrica. Nestes casos, é aconselhável que o professor realize as atividades, embora esta postura retire do aluno um papel de ativo na construção de seu conhecimento. Alguns experimentos apresentados neste caderno podem ser realizados em sala de aula.

Recomenda-se a preparação antecipada dos materiais necessários, bem como a realização prévia dos experimentos. Desta forma, é possível prever problemas no desenvolvimento. Finalmente, se algo inesperado vier a ocorrer, o professor poderá se aproveitar dessas situações e falar sobre os tortuosos caminhos das Ciências. Os cientistas em seus laboratórios são passíveis de erros, falhas acontecem e aprendemos igualmente com estas. Debater sobre os fatos ocorridos é uma forma de explorar o levantamento de hipóteses, e a ciência se faz na busca das argumentações que sustentam as hipóteses.

UNIDADE I - AGUA E VIDA

Ao elaborar uma proposta de planejamento, o professor deve considerar as diferentes mídias disponíveis em sala de aula para tentar sensibilizar os estudantes, pois a sensibilização para o conhecimento é um dos mais complexos desafios das tarefas do professor. Na perspectiva de dialogar com o estudante, a provocação é um instrumento de debate, e as questões apresentadas a seguir podem funcionar como recurso pedagógico.

Questões para o grupo de estudo

- a) Qual a origem da água?
- b) O volume de água no planeta sempre foi o mesmo?
- c) Qual a importância da água para a vida na Terra?
- e) Qual a importância de conhecermos os fatores que impactam uma bacia hidrográfica?
- f) Como eram os rios antigamente sem a pressão do agronegócio, das indústrias e da urbanização?
- g) O que é qualidade da água?
- h) Por que é importante aprender sobre a qualidade da água?

A origem da água

Você já se perguntou sobre o surgimento da primeira molécula de água no planeta Terra?

A resposta está nos processos iniciais de transformação do planeta. A origem da primeira molécula de água na Terra está relacionada com a formação da atmosfera, ou seja, com a desgaseificação do planeta. Este termo refere-se à liberação de gases, por um sólido ou líquido, quando este é aquecido ou resfriado.

Este processo teve seu início na fase de resfriamento da superfície e atmosfera da Terra, após a fase de fusão parcial. Através de erupções vulcânicas foi liberado o magma sobre a superfície terrestre, o resfriamento posterior desencadeou a liberação de vapores de água e de gás carbônico entre vários outros gases. Este processo de formação de água ocorre até o presente e recebe a denominação de água juvenil (KARMANN, 2000).

Uma vez esclarecida a primeira dúvida, logo surge outra indagação: O volume de água que atualmente compõe a hidrosfera foi gerado gradativamente ao longo do tempo geológico ou surgiu repentinamente? Os estudiosos defendem com maior ênfase a segunda possibilidade. Existem evidências geoquímicas que suportam a hipótese de formação de quase toda a atmosfera e água atualmente disponível, ainda nesta primeira fase de resfriamento da Terra. Acredita-se que, desde então, este volume teria sofrido poucas variações (KARMANN, 2000).

A água e a vida

Onde surgiu o primeiro organismo vivo na Terra?

O primeiro organismo vivo na Terra provavelmente surgiu no ambiente aquoso e o curso da evolução tem sido moldado pelas propriedades do meio ao qual a vida se originou. A água é a substância mais abundante nos sistemas vivos, constituindo mais de 70% do corpo da maioria dos organismos. Ela apresenta propriedades físicas e químicas adaptadas a todos os aspectos da estrutura e da função da célula. Nas reações celulares a água não é somente um solvente e sim um reagente essencial nos mecanismos relacionados ao metabolismo de todos os seres vivos. As forças de atração entre as moléculas de água e a menor tendência de se ionizar são de crucial importância para a estrutura e função das biomoléculas. A molécula de água e seus produtos de ionização H^+ e OH^- , influenciam profundamente a estrutura, a organização e as propriedades de todos os componentes celulares incluindo proteínas, ácidos nucleicos e lipídeos (NELSON; COX, 2014).

A água constitui e mantém a vida na Terra. A fotossíntese, realizada pelos seres autotróficos, somente ocorre quando produz biomassa pela reação entre CO_2 e H_2O (HIRATA,2000).

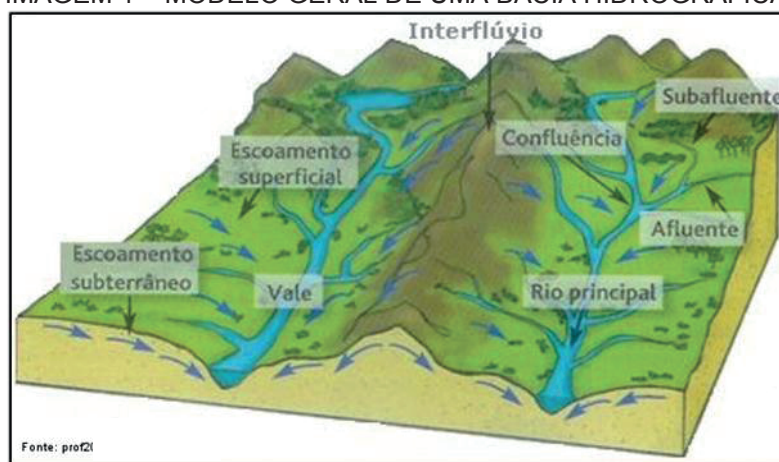
Influências do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água

Somente as ações humanas são responsáveis pelas alterações na qualidade da água?

Para iniciar essa discussão é preciso resgatar o conceito de “Bacia Hidrográfica”. Esse termo define uma área de captação de água de precipitação (chuvas), demarcada por divisores topográficos (neste caso toda a água captada converge para um único ponto de saída, o exutório, foz ou desembocadura).

A IMAGEM 1 é uma representação desta definição. A Bacia hidrográfica é um sistema físico, no qual podemos quantificar o ciclo da água (KARMANN, 2000).

IMAGEM 1 – MODELO GERAL DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA.



Fonte:SEED-PR

Segundo Von Sperling (2014) a qualidade da água é resultante de fenômenos baseados no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, que se deve aos seguintes fatores:

- **Fatores naturais:** mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto nelas é dependente do contato da

água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Assim, a incorporação de sólidos em suspensão (ex.: partículas de solo) ou dissolvidos (ex.: íons oriundos da dissolução de rochas) ocorre mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais (ex.: ocupação do solo com matas e florestas). Neste caso, tem grande influência a cobertura e a composição do solo.

- **Fatores antrópicos:** quer de uma forma concentrada denominada pontual, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma difusa, como na aplicação de agrotóxicos ou fertilizantes no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma que se usa ou ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

Ampliando Saberes

Explorando Bacia Hidrográfica na escola contribuições à Educação ambiental. Bergmann, M.; Pedrozo, C. S. da.

A qualidade da água e os seus indicadores

Como vimos anteriormente a qualidade da água pode ser indicada através de parâmetros, representados por características físicas, químicas e biológicas, não se referindo necessariamente a um estado de pureza. É determinada em função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica e sujeita a fatores naturais e humanos. Por meio dos parâmetros são estabelecidas diferentes finalidades a água (VON SPERLING, 2014).

Os indicadores utilizados para avaliar a qualidade da água seguem a resolução

nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005), que classifica os corpos d'água em treze classes de qualidade, sendo cinco para águas doces (Especial, 1, 2, 3 e 4), quatro para águas salinas (Especial, 1, 2 e 3) e quatro para águas salobras (Especial, 1, 2 e 3), sendo que as classes especiais

são as de qualidade superior e as classes com os maiores índices são as de qualidade inferior, com usos mais restritos. As definições de águas doces, salinas ou salobras são baseadas nas porcentagens de salinidade, sendo as águas doces com salinidade igual ou inferior a 0,5%, as águas salobras com salinidade entre 0,5 e 30 ‰ e águas salinas com salinidade igual ou superior a 30‰.

Para cada classe de água, as condições da qualidade da água devem ser observadas, em função de seu uso (balneabilidade, potabilidade, irrigação, etc), considerando a ausência ou presença de materiais flutuantes e espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que apresentem gosto ou odor, corantes provenientes de fontes antrópicas e resíduos sólidos.

O nosso planeta água está passando sede! É incrível imaginar que atualmente dezenas de milhões de pessoas vivam com menos de cinco litros de água por dia em um planeta que possui 70% de sua superfície coberta por água. É certo que a “hidrosfera aproveitável” é suficiente para o abastecimento de água de toda a população da Terra, mas ela é irregularmente distribuída. A água como substância está presente em toda parte, mas o recurso hídrico, entendido como um bem econômico e que pode ser aproveitado pelo ser humano dentro de custos financeiros razoáveis, é o mais escasso (HIRATA, 2000).

Sugestão de atividade

a) Professor (a) solicite aos seus estudantes que façam um levantamento das condições dos rios na sua região. Um bom começo é fazer conversas/entrevistas às pessoas mais velhas, como avós ou tios, entre outros. Com base neste levantamento, escolha alguns relatos e os retome em sala de aula, debatendo com os estudantes sobre o assunto.

b) Sugira também uma amostra de fotografias sobre as condições dos rios próximos das residências dos estudantes; se houverem fotografias antigas compare com as atuais. Organize um momento de reflexão com as fotografias que cada estudante trouxe. Estabeleça com os estudantes critérios para avaliar as condições

do rio em cada lugar. Dependendo dos aspectos observados em cada foto, os estudantes serão capazes de refletir sobre as condições locais e verificar que a problemática da água não está distante!

Para refletir

Ao observar as imagens procure reconhecer o que há nas margens do rio. Verifique se o leito do rio está limpo. Há pessoas na imagem? O que elas fazem? Há outros seres vivos além de pessoas?

Elaboração do croqui

A metodologia descrita neste caderno para a elaboração do croqui é baseada na metodologia de Diagrama de Bacias Hidrográficas de Geilfus (2002) com adaptações, e a realização das coletas de água foi baseada no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011).

Nesta aula podem ser estudados apenas um ou vários rios. Isto fica a critério do professor, que deve considerar o perfil da turma em que estará desenvolvendo a atividade, considerando a região das casas dos alunos.

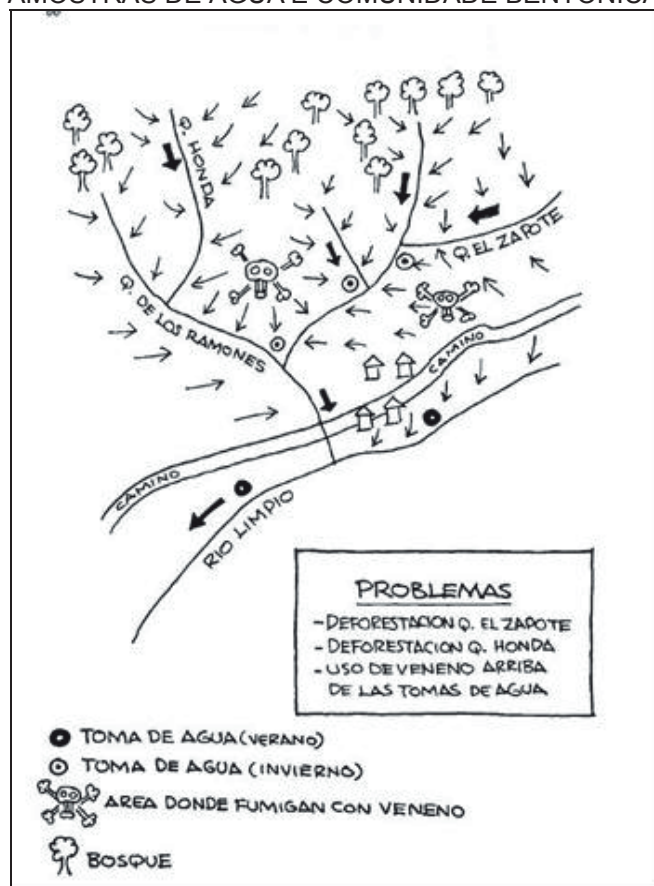
Temos por objetivo a elaboração de um croqui, composto por um rio de interesse e seu entorno, o qual deve apresentar, além dos elementos locais, os pontos de coleta de amostras de água e de bentos. Para este desenho é necessário o conhecimento prévio da área de estudo.

O desenvolvimento deste croqui é uma estratégia para que a aula seja mais participativa e dinâmica. Sugere-se que planejamento seja coletivo, ou seja, os alunos também devem colaborar com a sua elaboração, garantindo, dessa forma, que eles participem de todas as etapas previstas.

Você sabe o que é um croqui? Vejamos um exemplo na IMAGEM 2:

Croqui significa desenho rápido e não necessita grande precisão ou refinamento, embora existam alguns muito apurados, verdadeiras obras de arte.

IMAGEM 2: EXEMPLO DE CROQUI PARA DETERMINAÇÃO DE PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA E COMUNIDADE BENTÔNICA.



FONTE: Geilfus (2002).

Materiais utilizados:

- folhas de papel para desenho, tamanho A3;
- lápis de grafite;
- lápis de cor;
- canetinhas coloridas;
- marcadores de texto.

Procedimentos:

Formar grupos com quatro a cinco estudantes, sendo que cada um dos grupos deve elaborar um croqui e marcar os pontos de coleta de água e de macroinvertebrados bentônicos. Devem ser levados em consideração corpos de água, diferenças no relevo, estradas, uso e ocupação do solo; observando pastagens, agricultura, remanescentes florestais preservados (mata ciliar), solos

degradados e erodidos, despejos pontuais e difusos. Também são necessárias informações sobre as consequências para a qualidade da água causadas por estes fatores. Posteriormente, cada grupo deve apresentar seu croqui e justificativas para os demais grupos.

Caso o local de coleta seja desconhecido, sugere-se a utilização de mapas ou algum software como, por exemplo, o *Google Earth*, que podem auxiliar na confecção do croqui e no planejamento da aula de campo.

Ampliando saberes

Assistir e refletir:

- **Como é possível recuperar um rio poluído?**

Disponível em <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-possivel-recuperar-um-rio-poluido/>>.

- **Os rios mais poluídos do mundo.**

Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=ultsLc-4E70>>

- **Os rios poluídos do Brasil.**

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fP_NpgwjLZs>.

UNIDADE II – OS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

Caro (a) professor (a), chegamos a mais uma unidade deste caderno que traz uma importante parte do conhecimento que nossos estudantes aprendem em Ciências (normalmente no 7º ano) e Biologia (2º ano do ensino médio), muitas vezes de forma fragmentada, mas vamos contextualizá-los com as Ciências da Natureza e Ciências Ambientais.

Ao mencionar o termo “**macroinvertebrado bentônico**”, também conhecidos simplesmente por bentos, provavelmente a maioria da turma não se recordará, afinal desde o sétimo ano do ensino fundamental os professores de

Ciências desmembram os Seres Vivos em diversos conteúdos básicos e específicos.

Um exemplo é o Reino Animália que por sua vez se desmembra em vários filos, incluindo o Artrópoda, dividido em subfilos Crustácea (camarões, caranguejos, cracas e lagosta), Subfilo Chelicerata: (escorpiões, aranhas, ácaros e carrapatos) e Subfilo Uniramia: formigas, libélulas, baratas e mosquitos, gafanhotos, abelhas, traças, piolho-de-cobra (diplópodes), lacraia e centopeia (quilópodes).

Enfim, a diferença entre o que eles aprenderam ao longo da educação básica e esta proposta é que precisarão estabelecer relações entre os fatores ambientais e as condições de sobrevivência desses animais nos ecossistemas aquáticos. Muitos dos animais supracitados estão presentes no grupo dos macroinvertebrados bentônicos e, no entanto, para entendermos o que são e qual o papel deles no ambiente, precisamos entender primeiro o conceito de biomonitoramento.

Chamamos biomonitoramento ou monitoramento biológico a avaliação de mudanças ocorridas em ambientes, causadas por interferências humanas ou não, por intermédio do uso sistemático de organismos vivos que chamamos de biondicadores, Cabe aqui a pergunta: como escolher as espécies que irão indicar a qualidade da água? Nesse momento entram em cena os conhecimentos que acabamos de adquirir estudando os parâmetros físicos e químicos de qualidade da água. Porque para se escolher as espécies devemos observar a capacidade delas em tolerar mudanças nos parâmetros através de fontes de poluição, como alteração de pH da água, e muitos outros. (FAIAS JUNIOR, 2018).

Na natureza tudo está interligado, mas por questões “didáticas” costuma-se fragmentar aquilo que na natureza acontece de uma forma complexa. Em relação ao biomonitoramento, é importante compreendermos que há outras definições que complementam a que acabamos de citar, por exemplo, [...]

“o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar mudanças no ambiente com o objetivo de utilizar esta informação em um Programa de Controle de Qualidade. Estas mudanças, na maioria das vezes, têm fontes antropogênicas” [...] (FAIAS JUNIOR, 2018).

Também é importante entendermos que

[...] alguns fatores abióticos podem propiciar ou impedir a ocorrência de determinados organismos no ambiente aquático. Assim, é possível avaliar a

qualidade dos fatores abióticos e do próprio ambiente, a partir da ocorrência de organismos. Nesse caso, os melhores bioindicadores são justamente aqueles que toleram variações limitadas de parâmetros abióticos. (RODRIGUES, 2004). Nesse sentido, o indicador biológico é todo organismo que responde às determinadas variações ambientais, sinalizando ou bioindicando uma alteração ambiental passível de ser medida. Isso pode ser feito de várias maneiras, desde a diminuição ou aumento de espécies de organismos no ambiente, até modificações fisiológicas, comportamentais, mutações genéticas, dentre outras [...]. (FAIAS JUNIOR, 2018).

Dessa forma o uso de macroinvertebrados bentônicos tem sido cada vez mais aceito como ferramenta para a avaliação da qualidade da água, mesmo havendo incipiência no conhecimento taxonômico da fauna brasileira. Esse fato tem dificultado a aplicação desta técnica por parte dos órgãos ambientais (FAIAS JUNIOR, 2018).

Vale ressaltar que existem muitos indicadores biológicos de qualidade de ecossistemas aquáticos. Então, por que os macroinvertebrados bentônicos se destacam? Isso se deve ao fato dos mesmos serem sensíveis não só a poluição, mas às mudanças ocorridas no ambiente. Também importa o fato de terem ciclos de vida suficientemente longos; o tamanho do corpo relativamente grande (visíveis a olho nu) e de fácil amostragem; técnicas padronizadas e de custo baixo; alta diversidade de espécies, que permite ampliar a tolerância, além de fornecer amplo espectro de respostas para diferentes níveis de contaminação dos ecossistemas aquáticos (FAIAS JUNIOR, 2018). Dessa forma:

Os macroinvertebrados bentônicos possuem diferentes respostas para a poluição orgânica, indo de organismos que habitam ambientes limpos e com água de boa qualidade (ninfas de Plecoptera e larvas de Trichoptera – Insecta), incluindo os que toleram ambientes com certo grau de poluição, por isso, são chamados tolerantes (Heteroptera e Odonata – Insecta e Amphipoda – Crustácea) aos especialmente resistentes (alguns Chironomidae – Díptera, Insecta e Oligochaeta – Anelídea) [...]. (FAIAS, JUNIOR, 2018)

Então professor (a), olha aqueles nomes que os professores de Ciências ensinam no 7º ano do ensino fundamental e no 2º ano do ensino médio aparecendo aqui. Veja, a diferença é que estão dentro de um tema, não é mesmo?

Que tal olharmos os macroinvertebrados bentônicos mais de perto?

Hoje vamos conhecer esses organismos pessoalmente. Faremos uma atividade de campo. Para isso precisaremos dos seguintes equipamentos e materiais:

- caixa para transporte;
- baldes plásticos comuns;
- papel toalha de uso doméstico;
- bacias plásticas médias de cor branca (preferencialmente);
- peneiras plásticas, tamanho médio (aproximadamente 25 cm);
- sacos plásticos transparentes de aproximadamente 1 L;
- elásticos de borracha;
- pranchetas para anotações;
- pinças de ponta fina para separar os animais;
- medidor multiparâmetros com sonda (opcional);
- máquina fotográfica;
- álcool 70%,
- etiquetas,
- lápis grafite
- caderno de campo para anotações

É importante chamar a atenção dos estudantes para o tipo de solo, tipo de vegetação do local e para as possíveis atividades econômicas desenvolvidas na região, que podem alterar as condições ambientais do local.

Professor (a), esta atividade acontece em um rio. Então atente para as **medidas de segurança** porque vocês terão que entrar na água para fazer a coleta. Assim, escolha um rio que não tenha correnteza forte e que a água não ultrapasse a canela dos alunos. Antes da atividade, obtenha a autorização dos pais e da escola. Tanto você quanto os estudantes deverão usar equipamentos como bota de borracha, luvas de pano, boné e filtro solar. Não é adequado fazer esta atividade com turmas muito grandes porque você terá dificuldade em cuidar da segurança dos alunos. Portanto, se a sua turma tiver mais de 15 alunos é aconselhável que você convide mais professores para participarem da atividade e colaborarem com a

segurança dos estudantes.

Chegamos ao local de estudo!

Chegando ao local de estudo o professor faz uma breve apresentação dos assuntos que serão abordados, algumas técnicas para a realização dos trabalhos de campo com segurança, destacando a importância da consideração dos bentos como bioindicadores de qualidade da água, provocando os estudantes com questionamentos.

Questionando sobre o objeto de estudo

- a) O que é um macroinvertebrado?**
- b) O que é um bento?**
- c) O que eles têm a ver com a qualidade da água?**

Orientações para a coleta dos bentos

Depois das orientações envolvendo a segurança dos alunos, o professor deve encaminhar os estudantes para a trilha de acesso ao rio para iniciar a coleta, levando todos os equipamentos e materiais necessários. Utilizando a peneira, o professor coleta sedimentos e resíduos vegetais do fundo do rio de diversos pontos (IMAGEM 3). Estes pontos podem ser escolhidos de acordo com as mudanças no curso do rio, considerando profundidade e correnteza, buscando diferentes micro-habitats. É em sedimentos, embaixo de pedras e nos resíduos de vegetais que os bentos serão encontrados.

IMAGEM 3 - EXEMPLO DE COLETA DE BENTOS COM PENEIRA.



FONTE: Museu Escola IB Unesp.

Professor (a), atenção ao estudante, alguns bentos podem ser muito pequenos e por isso é preciso atenção antes de descartar os restos de vegetais da peneira. Com a pinça de ponta fina, pegar e transferir os bentos capturados para a bacia, com um pouco de água, lembrando que podem ser muito pequenos, e que também possuem a capacidade de se camuflar no meio de folhas e gravetos. É recomendado o uso de luvas e botas, pois alguns possuem estruturas que parecem espinhos e podem machucar as mãos e a sola dos pés, se os estudantes estiverem desprotegidos.

Os bentos capturados em cada ponto selecionado devem ser armazenados separadamente nos sacos plásticos devidamente identificados, contendo solução de formol 10% que conserva as características dos animais coletados.

Se possuir uma sonda multiparâmetros, medir a temperatura do ar, a temperatura da água e do oxigênio dissolvido. O professor pode provocar os estudantes com algumas questões e criar um momento de reflexão e aprendizado.

Na triagem em laboratório estes animais devem ser transferidos para uma solução de álcool 70%, pois se continuarem na solução de formol podem ficar extremamente ressecados e quebradiços, o que poderá prejudicar as amostras.

Algumas questões para iniciar a discussão e o aprendizado

- a) Quem já conhecia esses animais?**
- b) Sabem o nome deles?**
- c) Perceberam que alguns são encontrados em baixo de pedras, outros na superfície ou camuflados em folhas?**
- d) Será que se observarmos vários rios encontraremos os mesmos tipos de bentos?**

Vamos estudar os bentos para poder identificá-los?

Os bentos são considerados bons indicadores de ecossistemas aquáticos. Muitos destes organismos são altamente sensíveis às mudanças ocorridas nos ambientes, principalmente quando relacionadas à presença de contaminantes ou poluentes. Além disso, os ciclos de vida destes animais são relativamente longos; o corpo é suficientemente grande, permitindo sua amostragem por meio de técnicas padronizadas e de baixo custo. Outro ponto relevante é que este grupo inclui uma alta diversidade de espécies, o que permite ampla capacidade de respostas a tolerâncias e vasto intervalo para variados níveis de contaminação (ALBA – TERCEDOR, 1996).

Os bentos incluem representantes de vários grupos biológicos, cada um deles com uma infinidade de características anatômicas, fisiológicas e ecológicas. Essa variedade de características lhes permite conviver uns com ou outros, embora haja uns que atuam como predadores de outros. O QUADRO 01 apresenta alguns aspectos gerais dos macroinvertebrados bentônicos. Os nomes apresentados na primeira coluna são dos nomes comuns, que frequentemente são apresentados nos livros didáticos dos animais incluídos nos livros didáticos para ensino fundamental e ensino médio.

QUADRO 01 - CARACTERÍSTICAS DA BIOLOGIA E ECOLOGIA DOS PRINCIPAIS ORGANISMOS PERTENCENTES AO GRUPO DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS (CONTINUA)

Táxons	Descrição
Poríferos	Organismos sésseis, não apresentam órgãos verdadeiros, em águas pouco profundas e bem oxigenadas nos ambientes lênticos e lóticos. Possuem hábito alimentar filtrador
Platelmintos	Vermes achatados de vida livre, encontrados associados a substratos, em águas pouco profundas e bem oxigenadas nos ambientes lênticos e lóticos. Possuem hábito alimentar carnívoro e detritívoro
Anelídeos	As duas principais classes são Polichaeta e Oligochaeta, sendo que a primeira tem poucos representantes nos ambientes de águas continentais. Os Oligochaeta apresentam hábito alimentar detritívoro ou filtrador. Os Hirudinea (sanguessugas) são ectoparasitos de outros macroinvertebrados ou vertebrados aquáticos.
Moluscos	São encontrados em ambientes lênticos e lóticos, associados ao substrato de fundo ou a plantas aquáticas (vegetação marginal e macrófitas). Os bivalves são filtradores e os gastrópodes são herbívoros ou raspadores.
Crustáceos	São encontrados na estrutura de ambientes lênticos ou lóticos, ocorrem associados a barrancos ou vegetação marginal. Alguns são predadores, outros têm hábito de alimentação reptorial, fragmentadores ou raspadores.
Artrópoda	Filo de animais invertebrados que possuem exoesqueleto rígido e vários pares de apêndices articulados, cujo número varia de acordo com a classe.
INSECTA	Classe formada pelos insetos. São invertebrados com exoesqueleto quitinoso, corpo dividido em três tagmas, três pares de patas articuladas, olhos compostos e duas antenas.
Efemerópteros	Indicadores de águas limpas e bem oxigenadas, ocorrendo preferencialmente em águas rápidas. As larvas possuem hábito alimentar raspador ou filtrador.
Plecopteros	Indicadores de águas limpas e bem oxigenadas, as larvas têm

	preferência por águas frias (abaixo de 25°C) e por correnteza e são de hábito alimentar predador.
Odonatos	São encontrados em rios e lagos, associados ao sedimento ou vegetação marginal. As larvas são predadoras.
Heterópteros	Insetos semi-aquáticos, ocorrem na zona intersticial ou margens de lagos com vegetação. Possuem hábito alimentar predador.
Coleópteros	São representados por besouros. Aquáticos ou semi-aquáticos. Associados a ambientes com vegetação aquática, substratos como troncos e folhiço. Larvas e adultos possuem hábito alimentar predador, filtrador ou raspador.
Tricópteros	Indicadores de águas limpas e bem oxigenadas. Ocorrem em águas quentes e frias, ambientes lóticos ou lênticos. Algumas espécies constroem refúgios utilizando areia, seda, folhas e galhos. As larvas podem ser predadoras, raspadoras ou filtradoras
Megalópteros	São organismos de grande porte, ocorrem em águas rápidas e bem oxigenadas. O hábito alimentar é predador.
Dípteros	São representados por moscas e mosquitos. Ocorrem em abundância em águas lóticas e lênticas. Capazes de suportar ambientes com baixa oxigenação e com altas concentrações de matéria orgânica, considerados indicadores de locais impactados. O hábito alimentar pode ser filtrador, coletor ou predador.

FONTE: Cerutti (2015).

Sendo bioindicadores, os bentos apresentam diferentes respostas diante da poluição (IMAGEM 05).

IMAGEM 05: ORDENS DE BENTOS COM A SENSIBILIDADES DE ACORDO COM A QUALIDADE DA ÁGUA

Plecoptera Perlidae 	<u>Ordem Plecoptera</u> Insetos aquáticos sensíveis à poluição
Ephemeroptera  Leptophlebiidae Leptohyphidae	<u>Ordem Ephemeroptera</u> Insetos aquáticos sensíveis à poluição
Trichoptera  Hydropsychidae Leptoceridae	<u>Ordem Trichoptera</u> Insetos aquáticos sensíveis a poluição
Diptera Ceratopogonidae  Chironomus  Psychodiade	<u>Ordem Diptera</u> Larvas de mosquitos aquáticos resistentes à poluição
Annelida  Oligochaeta	<u>Classe Oligochaeta (Filo: Annelida)</u> Minhocas d'água. Predominam em altas quantidades em ambientes poluídos
Mollusca: Gastropoda  Planorbiidae  Physidae	<u>Classe Gastropoda (Filo: Mollusca)</u> Caramujos aquáticos resistentes à poluição mas também podem ser encontrados em ecossistemas naturais

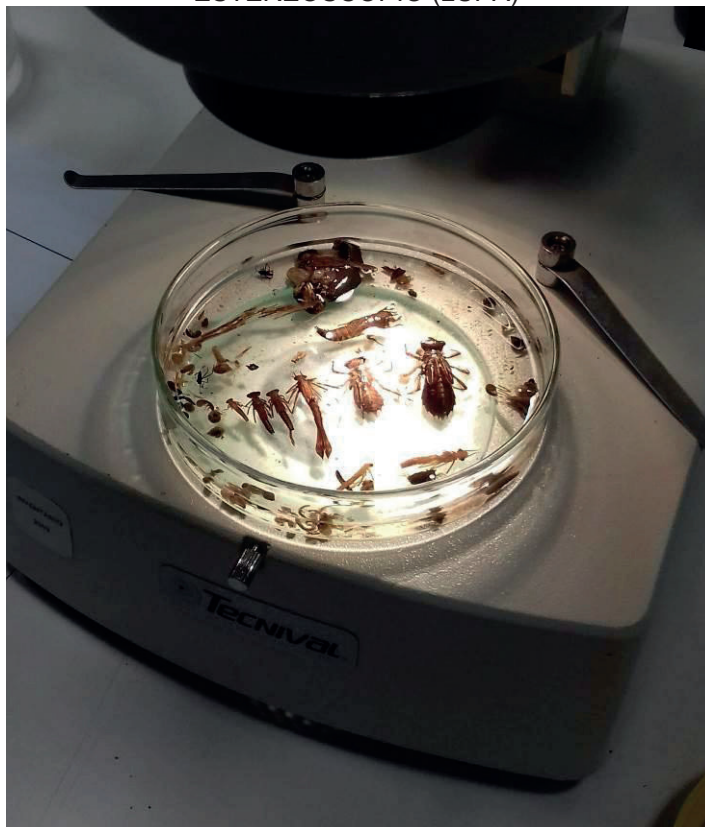
FONTE: PROJETO AQUA.

Há grupos que habitam ambientes limpos e com água bem oxigenada e de boa qualidade, considerados **Sensíveis ou Intolerantes**. Outros grupos ocorrem em ambientes com certo grau de poluição, denominados **Tolerantes**. E há os capazes de suportar a presença de contaminantes, denominados **Resistentes**. (CALLISTO et al., 2001).

Observando os bentos coletados no rio

Para esta atividade vamos precisar de uma Lupa (microscópio estereoscópio) e do laboratório da escola. Se for possível, disponibilize uma lupa para cada grupo de quatro estudantes (IMAGEM 06).

IMAGEM 06 – VISUALIZAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPIO (LUPA)



FONTE: O autor (2017).

Caso não tenha laboratório, pode-se usar uma sala de aula mesmo. Também é possível improvisar com uma boa lupa de mão e uma fonte de luz. É importante observar as espécies ocorrentes, a quantidade coletada, comparar com os diferentes pontos de coleta e perceber se existem diferenças.

Ampliando Saberes

- **O mundo secreto dos artrópodes:**
<https://www.youtube.com/watch?v=qOcNWJPpon8>.
- **Artrópodes:**
<https://www.youtube.com/watch?v=5MiPLqhw9z8>.

Formas complementares de monitoramento:

Professor é possível relacionar os dados de suas amostras a outros estudos que utilizam o PAR - Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e o Índice BMWP - Biological Monitoring Working Party System. Estas duas formas de avaliação são complementares. O PAR considera os sistemas hídricos superficiais, de modo que sejam diagnosticadas informações qualitativas do meio em que se encontra o rio. O BMWP ordena os macroinvertebrados, por famílias, em 9 diferentes categorias, seguindo um gradiente de menor a maior tolerância destes organismos quanto à poluição. A cada família se fez corresponder uma pontuação, que oscila de 10 a 1, sendo que as famílias mais sensíveis à contaminação recebem as pontuações maiores, chegando, em ordem decrescente, até 1, onde estão os mais resistentes.

Ampliando Saberes

- **Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos.** Rodrigues, A. S. de L.; Castro, P. de T. A.
- **Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental.** Guimarães, A.; Rodrigues, A.S. de L.; Malafaia, G.

Síntese Da Unidade

Nesta unidade tivemos orientações para realizar uma aula de campo na qual fizemos observações sobre as condições do ambiente (uso e ocupação do solo), sobre a fauna dos rios através da coleta, triagem e observação em lupa, e verificamos a comunidade de macroinvertebrados bentônicos que são excelentes bioindicadores da qualidade água. Também vimos que os macroinvertebrados são compostos por vários filos e classes, isto é aprendemos sobre taxonomia.

Nesta unidade foi possível entender que ações antrópicas de despejo de resíduos nos rios alteram suas condições físicas, químicas e biológicas, condição de equilíbrio natural e consequentemente a fauna do rio.

UNIDADE III – EXPERIMENTOS FÍSICO E QUÍMICOS ADAPTADOS AOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os professores de escolas públicas brasileiras possuem diversos desafios, mas os da área de Ciências da Natureza, em especial, enfrentam desafios ainda maiores. As dificuldades estruturais como a falta de laboratórios e materiais didáticos fazem com que os professores tenham que buscar alternativas para que os alunos possam ter a oportunidade de realizar atividades que possibilitem a observação de experimentos.

Neste caderno pedagógico vamos apresentar três experimentos, que são adaptações de análises realizadas em laboratórios convencionais, indicados pelo CONAMA para determinação de parâmetros de qualidade da água.

Nestas aulas direcionadas para o ensino de Ciências da Natureza a partir da qualidade da água, serão determinados os parâmetros:

- pH de substâncias conhecidas com solução indicadora de repolho roxo,
- Condutividade elétrica com circuito elétrico caseiro e
- Turbidez e sólidos suspensos em solução da água através de diferentes misturas de amostra de solo com água.

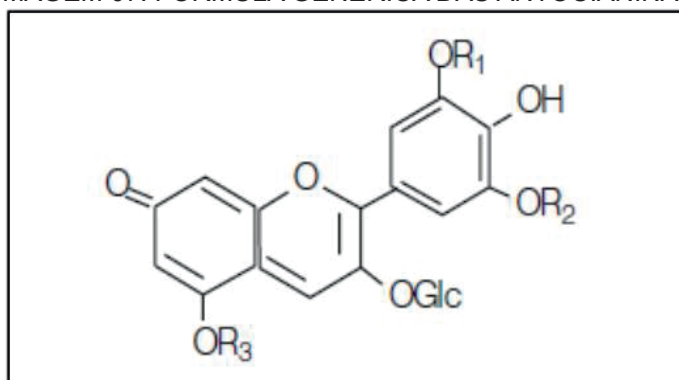
Determinação do pH de substâncias caseiras com solução indicadora de repolho roxo

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra.

Mas como o repolho roxo pode ser tão interessante assim?!

Segundo Cavaleiro (1998) as antocianinas são as moléculas responsáveis pela alteração da coloração visível das soluções de repolho roxo com as substâncias quando se altera o pH. A seguir, podemos observar a fórmula genérica das antocianinas na IMAGEM 07:

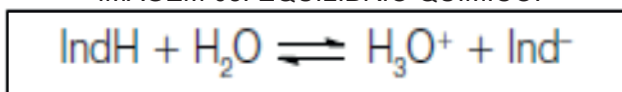
IMAGEM 07: FÓRMULA GENÉRICA DAS ANTOCIANINAS.



FONTE: Golveia-Matos (1999).

Para entender como ocorrem as reações entre a solução de repolho roxo e as antocianinas é preciso verificar a definição de ácido e base de Brönsted-Lowry, os indicadores são eles próprios compostos ácidos ou básicos. Assim, um indicador genérico IndH em solução aquosa apresenta o equilíbrio conforme a IMAGEM 08 :

IMAGEM 08: EQUILÍBRIO QUÍMICO.



FONTE: Golveia-Matos (1999).

Com isso, o aumento ou a diminuição de espécies ácidas ou básicas no meio fará com que o equilíbrio se desloque para a esquerda ou para a direita, e a cor resultante será dependente das concentrações relativas de IndH e Ind⁻, que são as espécies responsáveis pela coloração do meio. Assim, quanto maior a acidez do meio, ou seja, quanto menor o pH, maior será a protonação do indicador e, conseqüentemente, maior será a concentração de IndH. Já com o aumento do pH, ou seja, quanto maior a basicidade, essa forma do indicador vai perdendo prótons (H⁺), com o conseqüente aumento da concentração de Ind⁻. Explicar mudanças de

cores de indicadores significa explicar as cores de IndH e Ind⁻ (GOLVEIA-MATOS,1999).

Mas para ter uma compreensão mais apurada é importante saber o que são as cores visíveis ao olho humano:

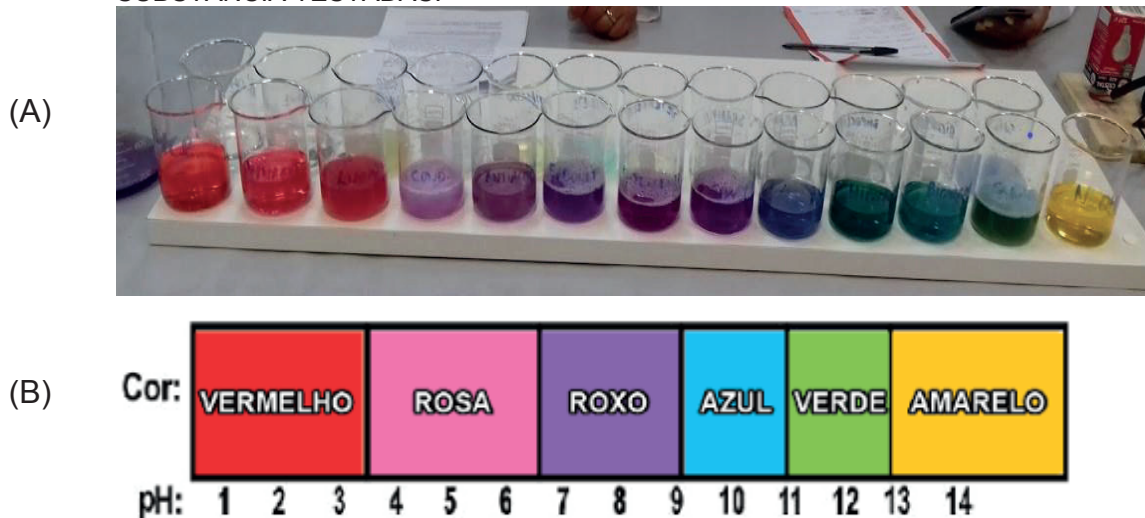
O que denominamos cor é apenas o resultado da interação de nosso sistema visual (globo ocular, sistema neurotransmissor e cérebro) com a parte do espectro eletromagnético que denominamos luz visível. Este, por sua vez, nada mais é do que um conjunto de ondas eletromagnéticas, as quais, como todo sistema ondulatório, são caracterizadas por grandezas como amplitude, frequência de vibração e, o que mais nos diz respeito, comprimento de onda e energia. Nesse conjunto, além das cores encontramos também outras regiões: raios gama, raios X, ultravioleta, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio (GOLVEIA-MATOS,1999).

Parâmetro de qualidade

Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9. Existem, no entanto, várias exceções a essa recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nessa situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica. O intervalo de pH para águas de abastecimento é estabelecido pela Portaria no 1469/2000 entre 6,5 e 9,5. Esse parâmetro objetiva minimizar os problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição (BRASIL, 2014).

No nosso experimento adaptado com solução de repolho roxo é importante ficar atento às cores correspondentes conforme a acidez ou a basicidade da substância testada (IMAGEM 09). Veja as cores e as suas interpretações e compare com as recomendações de órgãos oficiais como no texto supracitado.

IMAGEM 09: AS CORES APÓS REAÇÃO DA SOLUÇÃO DE REPOLHO ROXO COM AS SUBSTANCIA TESTADAS.



FONTE: (A) O autor; (B) Ciência na vida.

Normalmente as águas dos rios em boas condições estarão nas faixas de pH entre 5,5 a 6,5 (cores entre rosa e roxo) abaixo destes parâmetros, pH's bastante ácidos (cores vermelhas e pH 1 a 3) indicam contaminação por materiais orgânicos, pode ser um indicativo de despejos de esgotos domésticos, industriais ou criação de rebanhos próximos ao curso d'água. Quando muito acima (cores azul, verde e amarelo pH's 9 a 14) é preciso verificar se existem indústrias nas proximidades que podem estar descartando algum material de forma incorreta ou também é importante verificar se não existem lavouras que utilizam de forma inadequada calcário para correção do solo.

Porém existem exceções a essas regras em regiões em que os rios apresentam águas de cores negras (Ex: Rio Negro) naturalmente estes possuem alto teor de material orgânico humificado (decomposto), isto advindo de regiões florestais e de solos arenosos e podem apresentar o pH na faixa de 3,5 a 4,5. Já rios que apresentam águas básicas com faixas de pH entre 7 até 8,5 podem estar em regiões com formação geológica constituídas por rochas básicas como o Calcário por exemplo. Por isso fique atento ao máximo de informações possíveis. Estes conhecimentos nos fazem pensar o quanto o ambiente é fascinante e complexo!

Realizando o experimento

Antes de realizar o experimento de determinação de pH com repolho roxo, pergunte aos estudantes o porquê de fazer este experimento com produtos utilizados no nosso cotidiano.

Os produtos são na maioria encontrados em nossas casas e também são facilmente descartados indevidamente nos rios e esta prática pode alterar e comprometer a qualidade da água, alterando a cor (aspecto físico), o pH (aspecto químico) e influenciando os seres vivos que ali vivem (aspecto biológico). Assim, percebemos a importância de se ter o tratamento de esgoto de forma adequada.

Materiais Utilizados:

Ao desenvolver este caderno se procurou utilizar produtos comuns para facilitar o experimento em caso de dificuldade de acesso a laboratórios e equipamentos.

- Caneta para marcadora permanente;
- Bastão de vidro ou colher comum;
- Papel toalha;
- 02 copos de Bécker de 1500 ml ou jarras;
- 24 copos de Bécker 250 ml ou copos descartáveis/vidro transparentes;
- Agitador magnético com aquecedor ou fogão doméstico para agitar; se não tiver como aquecer pode ser utilizado um liquidificador e depois uma peneira para coar;
- Bacia plástica para cortar o repolho;
- ¼ de cabeça de repolho roxo;
- Amostra de água do mar (opcional);
- Amostras de água de rio;
- Suco de um limão;
- Vinagre comercial;
- Bicarbonato de sódio;
- Antiácido efervescente;

- Hipoclorito de sódio;
- Shampoo;
- Condicionador;
- Detergente de cozinha neutro;
- Sabonete líquido de erva doce;
- Ácido clorídrico;
- Hidróxido de sódio.

Preparo da solução de repolho roxo

Em um copo de Bécker de 1500 ml adicionar aproximadamente 1200 ml de água potável, aquecida e levada à fervura, então colocar $\frac{1}{4}$ de repolho roxo cortado em pedaços (IMAGEM 10). Ao voltar a ferver, esperar mais 7 minutos para a liberação de maior quantidade de antocianinas do repolho roxo, que deixará a água tingida de cor roxa. Após esfriar, a solução de repolho roxo deve ser vagarosamente despejada em outro copo de Bécker de mesma capacidade, ficando no primeiro somente os pedaços do repolho roxo descoloridos, que serão mostrados aos estudantes e em seguida desprezados. No segundo copo de Bécker colocar aproximadamente 1200 ml de solução de repolho roxo indicadora de pH.

IMAGEM 10: PREPARO DA SOLUÇÃO DE REPOLHO ROXO.



FONTE: O autor.

Preparo das amostras:

a) Soluções concentradas:

- 25 ml de vinagre comercial;
- 25 ml de suco de limão;
- 25 ml de água do mar (opcional);

b) Soluções diluídas:

- 25 ml de água com uma pastilha antiácida efervescente;
- 25 ml de água com 0,5 g de hidróxido de sódio;
- 25 ml de água com 0,5 g de bicarbonato de sódio;
- 22,5 ml de água com 2,5ml de ácido clorídrico;
- 20 ml de água com 5 ml de hipoclorito de sódio;
- 20 ml de água com 5 ml de condicionador de cabelos;
- 20 ml de água com 5 ml de shampoo;
- 20 ml de água com 5 ml de sabão em pó;
- 20 ml de água com 5 ml de detergente de cozinha neutro.

Preparo das amostras para determinar o pH em copos de Bécker de 250ml:

Preparar 2 (duas) amostras de cada solução em cada copo de Bécker, identificar com a caneta marcadora permanente. As amostras devem ser colocadas aleatoriamente sobre a bancada, em duas fileiras paralelas, de modo que os pares fiquem juntos, sendo uma fileira de amostras para adicionar a solução indicadora de repolho roxo e a outra fileira ficando de testemunha, as quais manterão sua cores originais (IMAGEM 11). Adicionar 25 ml de solução de repolho roxo em cada amostra de uma fileira, e verificar as mudanças de cor nestas substâncias de acordo com o pH. Em seguida, as amostras deverão ser reorganizadss, de acordo com o gradiente de cores da escala de pH, do mais ácido para o mais básico (IMAGEM 12). Reorganizar a fileira das amostras testemunhas de acordo com a primeira fileira. Ao final, misturam-se uma solução ácida com uma básica, buscando a proximidade do ponto de neutralidade, com coloração roxa.

Condutividade elétrica da água

A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade de passagem da eletricidade pela água. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica.

A condutividade elétrica em uma porção de água é representada em sua maioria por sólidos dissolvidos, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos iônicos (cargas negativas, que possuem elétrons livres na camada de valência) são sólidos que se dissolvem em água e caracterizados como sendo cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos. Os compostos catiônicos (cargas positivas, que perderam elétrons na camada de valência) também interferem na condutividade elétrica da água e possuem cátions de sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio (MOREIRA, et al, 2013).

Desta forma, quando mensuramos a condutividade elétrica de uma amostra, estamos na realidade quantificando uma grande quantidade de compostos nela contidos - uns positivos, outros negativos - e que, em solução, permitem a passagem da corrente elétrica. Materiais orgânicos, como óleos, graxas, álcool, fenóis não possuem a capacidade de conduzir eletricidade. Assim quando estão dissolvidos na água, a condutividade elétrica é severamente reduzida; e chega a zero, quando o produto está em fase livre (presença do produto em camada) (MOREIRA, et al, 2013).

Realizando o experimento

Materiais utilizados para preparação do circuito:

- 01 lanterna de mão alimentada a pilhas
- 03 pilhas AAA
- 01 metro de fio duplo 1,5 mm
- 02 pregos 17X27 (metal condutor)
- 01 fita isolante

Nesta lanterna, o suporte comporta três pilhas AAA ligadas em série, que foi adaptado, como segue:

- Um dos polos positivos da base do suporte de pilhas foi isolado com fita, para interromper o circuito;
- Na extremidade do fio duplo, separou-se até uma distância de 15 cm aproximadamente e suas pontas foram descascadas;
- Uma das pontas do fio foi enrolada na mola do polo negativo do suporte de pilhas;
- A outra ponta do fio foi colocada no polo positivo, que estava isolado do polo negativo, ao encaixar a pilha;
- As demais pilhas foram colocadas no suporte e então na lanterna;
- A tampa de fechamento da lanterna foi furada para passar a outra extremidade do fio, que ficou para o lado de fora da lanterna;
- Esta extremidade do fio foi separada em dois fios, que foram descascados em torno de 04 centímetros ;
- Os fios foram enrolados nas partes superiores até a metade dos pregos e isolados com fita, ficando as pontas livres para servirem de ponta de teste (IMAGEM 13);

IMAGEM 13: LANTERNA ADAPTADA.



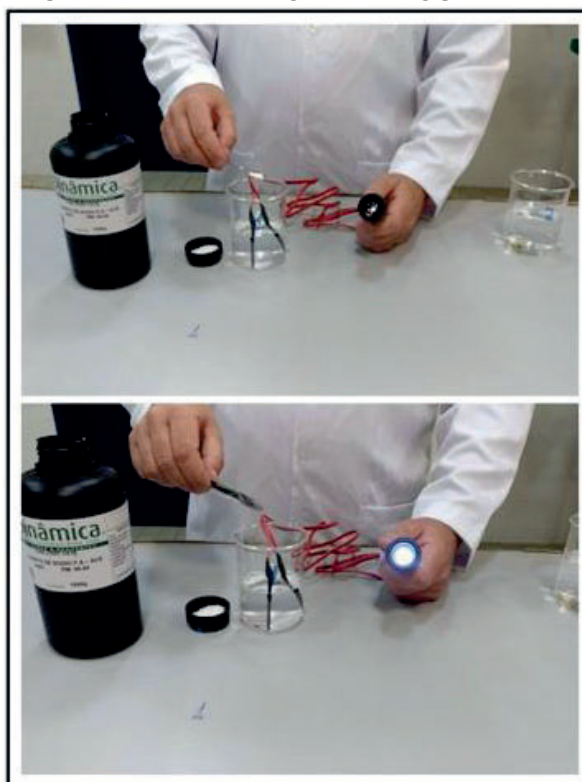
FONTE: O autor.

Com a lanterna adaptada, foram testadas duas amostras, uma de água destilada e outra de água potável. As amostras foram colocadas em copos de Bécker de 500 mililitros, identificados com os números 1 e 2, respectivamente.

O primeiro procedimento foi o de testar a lanterna, encostando as duas pontas de teste (pregos) e ligando a lanterna, a qual acendeu normalmente. Ao separar as pontas de teste a lanterna apagou, comprovando que o circuito está interrompido e pronto para verificar se as amostras conduzem corrente elétrica.

A amostra número 1 foi colocada sobre a bancada e em seguida as pontas de teste (pregos) foram imersas na amostra, distantes uma da outra. A lâmpada acendeu extremamente fraca, sem chegar a emitir um fecho de luz. Mesmo estando dentro da amostra, as pontas de teste foram encostadas, acendendo a lâmpada. Assim, foi verificado que a água destilada não conduziu a corrente elétrica suficiente para emitir um fecho de luz. Em seguida, foi adicionada uma pitada de cloreto de sódio (sal de cozinha) e a lâmpada acendeu com pouca intensidade. Ao adicionar pitadas sucessivas de cloreto de sódio, a intensidade da lâmpada foi aumentando até emitir um forte fecho de luz, após quatro pitadas do sal. (IMAGEM 14).

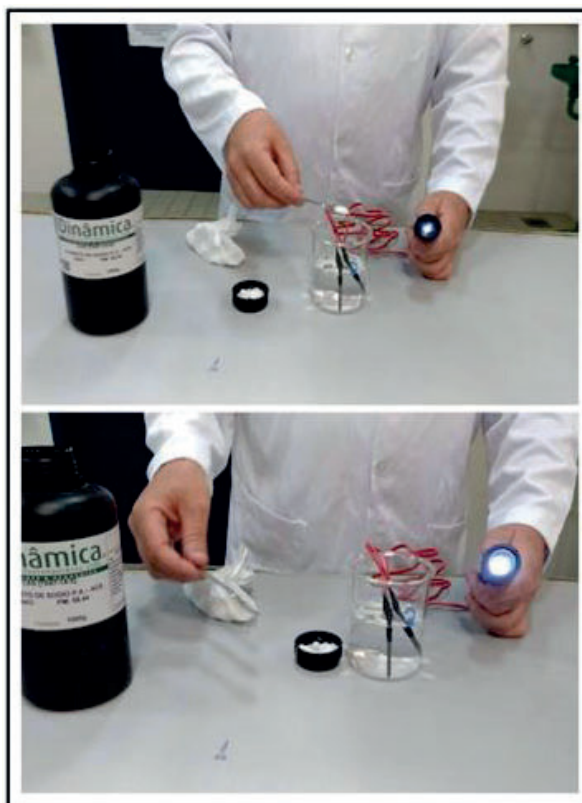
IMAGEM 14: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM AMOSTRA DE ÁGUA DESTILADA.



FONTE: O autor

Em seguida, a amostra número 2 foi colocada sobre a bancada e as pontas de teste foram imersas, distantes uma da outra, e a lâmpada já acendeu extremamente fraca, mas com mais intensidade do que na amostra de número 1, porém sem chegar a emitir um fecho de luz. Ao adicionar pitadas de cloreto de sódio sucessivas, a intensidade da lâmpada foi aumentando até emitir um forte fecho de luz, após três pitadas do sal (IMAGEM 15).

IMAGEM 15: CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM AMOSTRA DE ÁGUA POTÁVEL.



FONTE: O autor

Com este experimento, foi possível demonstrar o comportamento das águas destilada e potável na condução da corrente elétrica. Inicialmente, as amostras não conduziram a corrente elétrica suficientemente para que a lanterna emitisse um fecho de luz, mas na amostra número 2 a intensidade do acendimento da lâmpada foi maior do que na amostra de número 1. Para a lanterna emitir um fecho de luz com a máxima intensidade, a amostra número 1 precisou de maior quantidade do sal do que a amostra número 2, demonstrando que esta possuía mais íons dissolvidos do que a primeira testada.

Turbidez e Sólidos suspensos em solução

A turbidez da água é atribuída principalmente à presença de partículas sólidas em suspensão, que diminuem a sua transparência e reduzem a transmissão da luz no meio. Pode ser provocada por plâncton, algas, detritos orgânicos e outras substâncias como zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou adição de despejos domésticos ou industriais (BRASIL, 2014).

Além disso, as partículas da turbidez contêm matéria orgânica que podem provocar sabor e odor. A turbidez é mais frequente em águas correntes devido à presença de areia e argila provenientes do carreamento do solo, devido à erosão (BRASIL, 2014).

O princípio do método de obtenção da turbidez é baseado na comparação da luz refratada numa amostra, sob condições definidas, com a intensidade da luz atravessada por um padrão de referência sob as mesmas condições.

Sólidos totais em suspensão

Os sólidos totais em suspensão referem-se a pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão em água, como um coloide ou devido ao movimento da água.

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou pela ação humana (lançamento de lixo, esgotos, erosão etc.).

Parâmetro de qualidade:

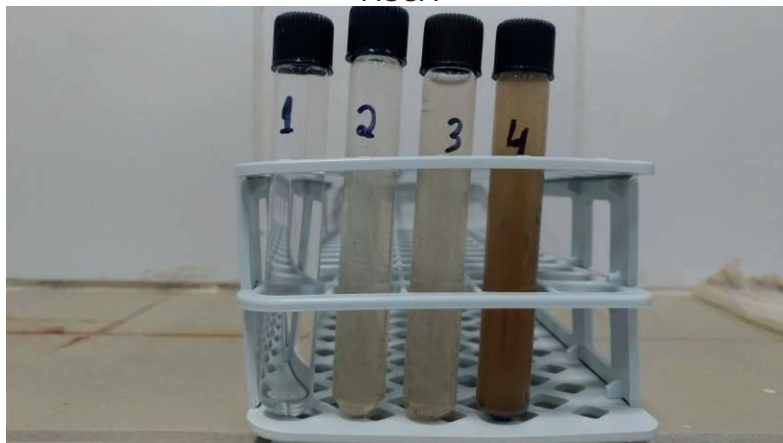
Os sólidos suspensos e a turbidez são parâmetros fortemente relacionados e diretamente proporcionais, isto é, quanto maior a turbidez, de forma equivalente são os sólidos suspensos. As partículas sólidas suspensas impedem a passagem da luz pela solução ou mistura alterando a turbidez da água.

São utilizados como um indicador da qualidade da água. Por vezes é abreviado como a sigla SS. O CONAMA estabelece parâmetros para Sólidos Dissolvidos Totais.

Realizando o experimento

Você vai precisar de quatro tubos de ensaio com tampa de rosca, com capacidade para 10 ml. Os tubos foram completados com água potável. Em três tubos foram feitas diferentes diluições de solo, formando um gradiente, da água cristalina até a mais turva (IMAGEM 16).

IMAGEM 16: TUBOS DE ENSAIO COM ROSCA COM DIFERENTES DILUIÇÕES DE SOLO EM ÁGUA



FONTE: O autor

A turbidez neste experimento pode ser explicada pela alteração na passagem da luz através do líquido (água), sendo que, quanto maior a alteração na transparência mais alta será a turbidez.

Os sólidos totais suspensos são visíveis a olho nu e suas partículas ficam suspensas, em movimento na mistura de água com solo. Ao deixar os tubos em repouso, também pode ser observada a deposição dos sólidos mais pesados no fundo do recipiente.

Os conteúdos de Ciências da Natureza abordados neste experimento foram:

- diferença entre soluções e misturas;
- visualização das partículas suspensas, que são os sólidos totais;
- observação da forma física de separação de matérias através da decantação dos sólidos, após deixar os tubos em repouso (IMAGEM 17).

IMAGEM 17: TUBOS DE ENSAIO COM SOLO DECANTADO NO FUNDO DO TUBE DE ENSAIO



FONTE: O autor

Observações:

No experimento de determinação de pH, serão utilizados produtos caseiros utilizados no dia a dia em tarefas domésticas. Em relação à disponibilidade de copos de Bécker, estes podem ser substituídos por copos descartáveis ou de vidro transparentes.

No experimento da condutividade elétrica da água, a montagem do circuito elétrico caseiro foi feita com sobras de materiais, mas se for preciso comprá-los, são de baixo custo.

No experimento da observação da turbidez, os tubos de ensaio com tampa de rosca podem ser substituídos por tubos plásticos utilizados em festas infantis ou garrafas pet.

Sugestões para o (a) professor (a)

A partir dos experimentos, podem ser discutidos assuntos relacionados com as Ciências da Natureza, abordando temas de Física, Química e Biologia. Os temas referentes à Física podem ser: condutividade elétrica, cor e frequência; os referentes à Química foram: substâncias moleculares e iônicas, soluções, misturas homogêneas e heterogêneas, formas de separação, reações químicas, pH e equilíbrio químico, e os referentes à Biologia foram: taxonomia, ecologia, e especialmente os organismos bentônicos.

Também se deve sempre abordar e relacionar as questões sociais, a influência das ações antrópicas sobre a qualidade da água, e o ecossistema, relacionando com as Ciências Ambientais, destacando o fator erosão e ocupações inadequadas do solo.

Explorando o texto

Parâmetros são indicadores representativos da qualidade da água. Para caracterizar a água são determinados diversos parâmetros, que são indicadores da qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. (FUNASA, 2014).

Como parâmetros físicos são considerados condutividade, cor, sabor e odor, sólidos totais, temperatura e turbidez. Como parâmetros químicos são considerados demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH (potencial hidrogeniônico), além dos componentes inorgânicos (elementos químicos e moléculas inorgânicas) e componentes orgânicos (compostos inorgânicos sintéticos, principalmente moléculas de agrotóxicos). Como parâmetros biológicos podem ser utilizados organismos e/ou comunidades aquáticas.

Descrição dos parâmetros físicos e químicos

Os principais parâmetros indicadores de qualidade físicos e químicos (CETESB, 2017) estão descritos no QUADRO 1:

QUADRO 1: PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Condutividade	Capacidade de se conduzir corrente elétrica através da água. Depende da temperatura e das concentrações iônicas. Indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e aumenta à medida que sólidos dissolvidos são adicionados.
Cor	Relacionada com a redução da intensidade sofrida pela luz ao atravessar a água, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Os orgânicos são naturalmente resultantes da decomposição de compostos orgânicos vegetais e os inorgânicos são óxidos de ferro e

	manganês, relacionados com os solos.
Sabor e odor	Os termos são usados de forma conjunta e estão relacionados com a presença de substâncias químicas, gases dissolvidos e atuação de algas, que podem exalar odores.
Sólidos totais	Correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.
Temperatura	Corpos de água naturalmente apresentam variações de temperatura, de acordo com as estações do ano e com os períodos do dia, bem como estratificação vertical. Este fator exerce influência sobre a velocidade das reações químicas, solubilidade de substâncias, tensão superficial, compressibilidade, viscosidade além das atividades metabólicas dos organismos, pois estes possuem limites de tolerância, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos, limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. Geralmente a elevação da temperatura está relacionada com fatores industriais e urbanos.
Turbidez	Pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido devido à presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas de areia, silte, argila e detritos orgânicos como algas e plânctons.
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia, para uma forma inorgânica estável.
Oxigênio dissolvido (OD)	A dissolução de gases na água sofre a influência de fatores ambientais, como temperatura, pressão e salinidade. Depende das características hidráulicas, sendo proporcional a velocidade do corpo d'água. Também influenciado pela fotossíntese de algas
Potencial hidrogeniônico (pH)	Influi na solubilidade de nutrientes e em determinadas condições ocorre a precipitação de elementos químicos, que podem ser tóxicos, como os metais pesados. Também afeta diretamente a fisiologia das espécies nos ecossistemas aquáticos. O pH abrange a faixa de 0 a 14 e é calculado de forma antilogarítmica, sendo ácido abaixo de 7 e alcalino acima de 7.

FONTE: CETESB (2017).

As alterações nestes parâmetros podem ocorrer de forma natural ou a partir de atividades antrópicas.

Descrição dos parâmetros biológicos:

A utilização de bioindicadores se baseia nas alterações ocorridas no equilíbrio biológico das comunidades de organismos aquáticos decorrentes de mudanças naturais ou antrópicas nos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos corpos hídricos. Estas alterações podem determinar níveis de tolerâncias distintos entre as espécies, pois algumas apresentam maior ou menor sensibilidade aos poluentes e devem refletir as condições de estresse às quais o sistema está exposto. Todos os componentes do ecossistema devem ser incluídos, como fitoplânctons, zooplânctons, bentos, macrófitas e peixes, entre outros, na medida em que os dados forem disponíveis. (QUEIROZ, et al., 2008).

Os bentos ou macroinvertebrados bentônicos são animais que habitam o substrato de fundo dos ambientes aquáticos, em pelo menos uma fase de seu ciclo de vida, encobertos por sedimentos, detritos lama ou areia ou aderidos nas pedras, cascalhos e folhas. É formado por moluscos, insetos, crustáceos e vermes. Atuam na decomposição da matéria orgânica e integram a cadeia alimentar. Este grupo biológico é um dos grupos que possui a maior diversidade em ambientes aquáticos e também que melhor respondem às mudanças das condições ambientais. (Barbosa et al., 2016).

UNIDADE IV – ÁGUA E QUALIDADE DE VIDA



Professor (a), acreditamos que em sua atividade de campo você e seus estudantes obtiveram informações gerais sobre o ambiente de estudo. Procure elencar alguns critérios que possibilitem avaliar as condições deste ambiente. Elabore com seus alunos um painel composto por imagens fotográficas obtidas no

campo e por outras informações, como, por exemplo, pesquisas com moradores da região. Esses registros podem ser úteis para auxiliar num momento de reflexão, com seus estudantes e/ou outros colegas da escola, sobre a qualidade da água e sobre os bioindicadores.

Com relação aos macroinvertebrados e o significado destes como bioindicadores, nos surge uma pergunta importante: Como de fato podemos utilizar macroinvertebrados para definir a qualidade da água e do ambiente?

Para responder essa pergunta vamos relembrar o que mencionamos anteriormente na Unidade II. Naquele momento procuramos deixar claro que os macroinvertebrados podem ser agrupados em três grandes grupos: Sensíveis, Tolerantes e Resistentes e que o Índice BMWP - *Biological Monitoring Working Party System* é uma forma de avaliar a qualidade da água. Essa metodologia é aplicada em diferentes estudos.

A seguir apresentamos algumas imagens que incluem representantes comuns dos grupos de macroinvertebrados. Alertamos que não são os únicos representantes, mas é possível que você consiga relacionar as imagens aos organismos que vocês coletaram. Para que você professor e seus alunos possam utilizar estes animais como bioindicadores incluímos algumas informações sobre estes organismos: acima da imagem está a pontuação utilizada no índice BMWP e abaixo das imagens o nome oficial da família deste macroinvertebrado. Este nome oficial é reconhecido pelo conhecimento científico e tem como regra o fato de que todos apresentam ao final a terminação “idae”.

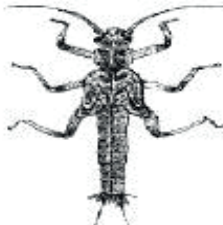
Sugerimos que você professor observe atentamente os animais que vocês coletaram. Caso eles se pareçam com as imagens podemos calcular a qualidade da água utilizando o potencial de bioindicação. Para isso podemos começar separando na amostra os organismos conforme suas características. Observe como são as patas, verifique se há alguma estrutura na parte posterior do animal, verifique se existem antenas, como estão os olhos e outras características. Procure relacionar o que foi coletado às imagens que apresentamos.

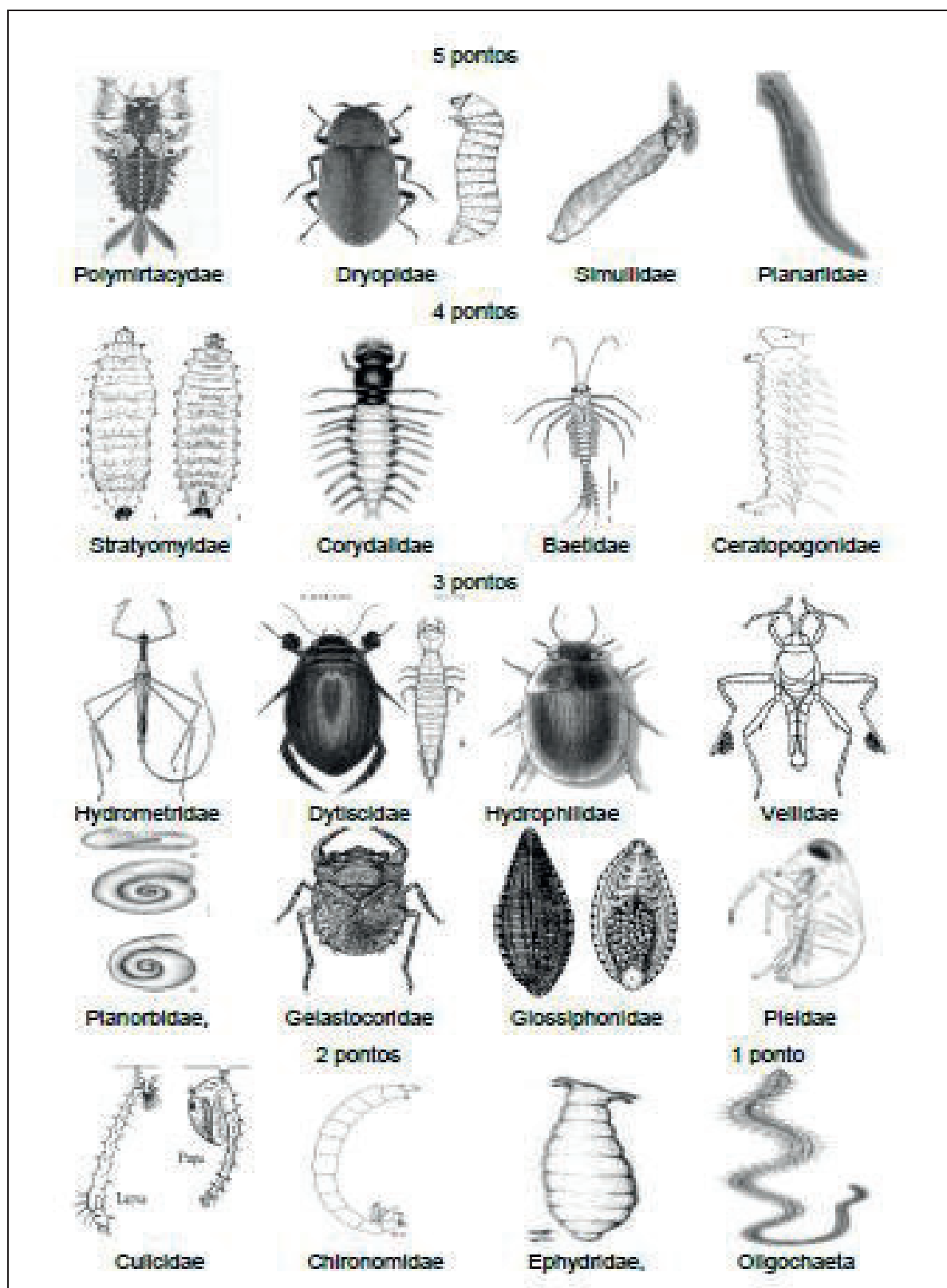
Para o cálculo do índice BMWP utiliza-se a pontuação que apresentamos acima das imagens. Importante deixar claro que a pontuação é um valor oficial, reconhecido mundialmente como potencial do organismo como bioindicador.

Vamos anotando a pontuação para os diferentes animais que coletamos e no final somamos os valores de cada animal, para que possamos obter uma pontuação final. Essa pontuação final será aplicada numa escala de referência, conforme apresentado no QUADRO 1.

O valor final obtido será útil no enquadramento da qualidade da água. Assim a qualidade da água (QUADRO 2) é sistematizada em seis classes, sendo a classe I aquela com águas de ótima qualidade, onde a pontuação resultou numa somatória acima de 150 pontos. Enquanto a classe VI é aquela com água muito crítica, na qual a somatória da pontuação final resultou num valor menor que 15 pontos. Professor e estudantes, chamamos atenção para o fato de que a pontuação obtida não tem ligação com o número de indivíduos de cada “Família” que foi registrada. Ou seja, cada organismo diferente recebe a pontuação independentemente se há apenas um ou dezenas de indivíduos daquela “família”.

QUADRO 1 – PONTUAÇÃO POR GRUPOS DE BENTOS. (CONTINUA)

10 pontos			
			
Leptophlebiidae	Blephariceridae	Calamoceratidae	
			
Leptoceridae	Megapodagrionidae	Perlidae	Helicopsychidae
8 pontos			
			
Libellulidae	Gomphidae	Glossosomatidae	Philopotamidae
7 pontos			
			
Gryopterygidae	Psephenidae	Pyralidae	Hydrobiosidae
6 pontos			
			
Hyaellidae	Leptohyphidae	Coenagrionidae	Thiaridae



FONTE: Alba-Tercedor & Sánches-Ortega (1988).

QUADRO 2 - CLASSES DE QUALIDADE, SIGNIFICADO DOS VALORES DO BMWP' E CORES PARA SEREM UTILIZADAS NAS REPRESENTAÇÕES CARTOGRÁFICAS.

CLASSE	QUALIDADE	VALOR	SIGNIFICADO	COR
I	ÓTIMA	>150	Águas prístinas (muito limpas)	LILÁS
II	BOA	101 – 120	Águas não poluídas, sistema perceptivelmente não alterado	AZUL
III	ACEITÁVEL	61 – 100	Evidentes efeitos moderados de poluição	VERDE
IV	DUVIDOSA	36 – 60	Águas poluídas (sistemas alterados)	AMARELO
V	CRÍTICA	16 – 35	Águas muito poluídas (sistemas muito alterados)	LARANJA
VI	MUITO CRÍTICA	>15	Água fortemente poluída (sistema fortemente alterado)	VERMELHO

FONTE: Alba-Tercedor & Sánches-Ortega (1988).

Professor (a), caso não seja possível realizar uma atividade de coleta no campo, é possível criar uma simulação. Neste caso você poderá utilizar imagens de ambientes naturais e uma comunidade de bentos que você determinou. Cada comunidade poderá ser representada por miçangas, botões ou outros pequenos objetos. Utilize para cada família de bentos um tipo de miçanga. Os estudantes podem ser organizados em equipes, cada equipe receberá miçangas e tentará analisar a comunidade de bentos com base nas miçangas. Assim, será possível calcular o índice BMWP e se apropriar do que buscamos esclarecer como qualidade da água.

REFERÊNCIAS

ALBA-TERCEDOR, J. & A. SÁNCHEZ-ORTEGA. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, 4: 51-56. Disponível em <<https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-4-1-p-51.pdf>>. Acesso em 18 de outubro de 2018.

ALBA-TERCEDOR J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. **IV Simposio del agua en Andaluzia (SIAGA), Almería**, vol. II: 203-213. ISBN: 84-784. Disponível em https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=lbl-WQWRyloC&oi=fnd&pg=PA203&dq=info:2RekTLeVjD8J:scholar.google.com&ots=VeTeG94syp&sig=JjKkA6iJXOJ3DDAeo7FmJrhTAug&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em 05 de outubro de 2018.

ANACLETO, R. G.; BILOTTA, P. Uma abordagem interdisciplinar sobre Qualidade da Água como Estratégia para o Ensino de Ciências. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, nov./dez. 2015. Disponível em <http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v7n6a46.pdf>. Acesso em 16 de outubro de 2018.

BERGMANN, M.; PEDROZO, C. S. DA. Explorando Bacia Hidrográfica na escola contribuições à Educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 537-53, 2008. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000300011&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, D.F., 18 de março de 2005.

BRASIL, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: 2000. Disponível em < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 16/11/2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS /** Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 2014. 112p. Disponível em <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf> Acesso em 15 Set. 2018.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Minas Gerais, vol. 6, n.1, jan./mar. 2001. Disponível em < <https://abrh.s3.sa-east->

1.amazonaws.com/Sumarios/42/f2cbc3819ef9ea7b38df0aec2d7a4c91_289d12cdd65026d2b06857ccfb57cd11.pdf>. Acesso em 16 de outubro de 2018.

CAVALEIRO, E.T.G.; COUTO, A.B. e RAMOS, L.A. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. **Química Nova**, v. 21 (2), p. 221, 1998. Disponível em [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol21No2_221_v21_n2_\(19\).pdf?agreg=Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20pigmentos%20de%20flores%20no%20ensino%20de%20qu%C3%ADmica&agreg=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol21No2_221_v21_n2_(19).pdf?agreg=Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20pigmentos%20de%20flores%20no%20ensino%20de%20qu%C3%ADmica&agreg=jbcs,qn,qnesc,qnint,rvq). Acesso em 16 de outubro de 2018.

CERUTTI, V. E. **Variação espaço-temporal dos macroinvertebrados bentônicos e nectônicos no reservatório do rio Verde, Paraná, Brasil**. 98 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. UTFPR. 2015.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. São Paulo (Est.), 2017. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade.pdf>> Acesso em 20 Mai. 2018.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CORRÊA, A. S.; MOUTINHO JUNIOR, R. J.; BOAS, S. G. S.; OLIVEIRA, A. P. Água para todos: Uma proposta Interdisciplinar. In: Congresso de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2016, Campina Grande, **Anais I CONAPESC**. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV058_MD4_SA87_ID1291_17052016180910.pdf>. Acesso em 16/10/2018.

DOMINGOS, F.; CHAVES, J. P.; MAZZA, M. G.G.; HALASZ, M. R. T. Projeto “Água nossa de cada dia”. **Revista Educação e Tecnologia**, Minas Gerais, 2005, 1 (1): 1-11.

FAIAS JUNIOR, C. A. dos S., **A água como eixo articulador dos conteúdos de Química, Física e Biologia no contexto das Ciências Ambientais**. 68 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Rede Nacional para o Ensino de Ciências Ambientais. UFPR. 2018

FERRAZ, A. P. DO C.; BELHO, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2.pdf>>. Acesso em 15 de outubro de 2018.

GEILFUS, F. **80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación**. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2002. 217 p.

GOLVEIA-MATOS, J.A de M. Mudanças de Cores e Indicadores. **Química Nova na Escola**, n. 10. Novembro de 1999. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/conceito.pdf>>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A.S. DE L.; MALAFAIA, G. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de rios para ser usado por estudantes do ensino fundamental. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 7, n. 3, 2012. Disponível em <http://repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4087/1/ARTIGO_ProtocoloAvalia%C3%A7%C3%A3oR%C3%A1pida.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

HIRATA, R. Recursos hídricos. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.; TAIOLI, F. (Ed.). **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2000, p. 420-444.

KARMANN, I. Ciclo da água: Água Subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.; TAIOLI, F. (Ed.). **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, p. 113-138.

MOREIRA, F. H. S.; ALBERTI H.L.C ; SILVA, N. C.; N.C; FLEMING, P. M. Aplicação da sonda Horiba U-23 na análise de parâmetros físico-químicos das águas subterrâneas sobre influência da mina de urânio Psamu Utsumi em Caldas-MG. **International Nuclear Atlantic Conference – INAC – 2013**. Recife, PE, Associação Brasileira De Energia Nuclear – ABEN. Disponível em <<https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/46/021/46021411.pdf>>. Acesso em 15 de setembro de 2017,

NELSON, D.L; COX M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre, Artmed, 2014.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Departamento de Educação Básica. **Diretrizes curriculares da educação básica biologia**. Curitiba, SEED/PR., 2008a. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_bio.pdf>. Acesso em 15 ago. 2018.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Departamento de Educação Básica. **Diretrizes curriculares da educação básica física**. Curitiba, SEED/PR., 2008b. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em 15 ago. 2018.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Departamento de Educação Básica. **Diretrizes curriculares da educação básica química**. Curitiba, SEED/PR., 2008c. Disponível em:

<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_quim.pdf>. Acesso em 15 ago. 2018.

QUADROS, A. L. Água como tema gerador do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**. n. 20, novembro de 2004. Disponível em <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc20/v20a05.pdf>>. Acesso em 22 de agosto de 2017.

QUEIROZ, J. F. de; FERRAZ, J. M. G.; SILVEIRA, M. P.; SITTON, M.; MARIGO, A. L. S.; CARVALHO, M. P.; RIBACINKO, D. B. Avaliação preliminar da qualidade da água em duas microbacias do Rio Mogi (SP). **EMBRAPA Meio Ambiente**, Jaguariúna, SP. 2008. Circular Técnica. <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/15549/1/circular17.pdf>>. Acesso em 22 de agosto de 2017.

RODRIGUES, A. S. DE L; CASTRO, P. DE T. A. Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 13, n.1, jan/mar 2008, Disponível em https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/15/78ac8ae6249dfc8816deed3ccb5e1972_3c37e5564ff15500d58fb8d78834e8d9.pdf. Acesso em 15 de outubro de 2018.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG. 2014.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.