

Cláudia Pinto Machado (Org.)

Ensino de Ciências:

*práticas e exercícios
para a sala de aula*



Ensino de Ciências:

práticas e exercícios para a sala de aula

Cláudia Pinto Machado
Organizadora

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

Presidente:

Ambrósio Luiz Bonalume

Vice-Presidente:

Nelson Fábio Sbabo

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

Reitor:

Evaldo Antonio Kuiava

*Vice-Reitor e Pró-Reitor de Inovação e
Desenvolvimento Tecnológico:*

Odacir Deonísio Gracioli

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação:

Nilda Stecanela

Pró-Reitor Acadêmico:

Marcelo Rossato

Diretor Administrativo:

Cesar Augusto Bernardi

Chefe de Gabinete:

Gelson Leonardo Rech

Coordenador da Educs:

Renato Henrichs

CONSELHO EDITORIAL DA EDUCS

Adir Ubaldo Rech (UCS)

Asdrubal Falavigna (UCS)

Cesar Augusto Bernardi (UCS)

Guilherme Holsbach Costa

Jayme Paviani (UCS)

Luiz Carlos Bombassaro (UFRGS)

Nilda Stecanela (UCS)

Paulo César Nodari (UCS) – presidente

Tânia Maris de Azevedo (UCS)

Ensino de Ciências: práticas e exercícios para a sala de aula

Organizadora:

Cláudia Pinto Machado

Professora adjunta na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Graduada em Ciências Biológicas. Mestra em Biologia Animal e Doutora em Ciências, ênfase em Paleontologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Tem atuado como coordenadora e colaboradora em projetos de extensão que envolvam a formação científica e acadêmica, bem como na educação e popularização da ciência. Atua na área de Paleontologia, Zoologia e Ensino.



© dos organizadores

Foto capa:

Designed by Freepik

Revisores científicos:

Camila Ferreira Escobar (UFRGS)

Claudia Pinto Machado (UCS)

Liane Terezinha Dorneles (Instituto Rio Grandense de Arroz – IRGA)

Patrícia Hadler Rodrigues (UFSC)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Universidade de Caxias do Sul

UCS – BICE – Processamento Técnico

E59 Ensino de ciências [recurso eletrônico] : práticas e exercícios para a sala de aula / org. Cláudia Pinto Machado. – Caxias do Sul, RS: Educs, 2017. Dados eletrônicos (1 arquivo).

ISBN 978-85-7061-880-1

Apresenta bibliografia.

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Ciência – Estudo e ensino. I. Machado, Cláudia Pinto.

CDU 2.ed.: 37.016:5

Índice para o catálogo sistemático:

1. Ciência – Estudo e ensino

37.016:5

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária

Paula Fernanda Fedatto Leal – CRB 10/2291

Direitos reservados à:



EDUCS – Editora da Universidade de Caxias do Sul

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Petrópolis – CEP 95070-560 – Caxias do Sul – RS – Brasil

Ou: Caixa Postal 1352 – CEP 95020-972 – Caxias do Sul – RS – Brasil

Telefone/Telefax: (54) 3218 2100 – Ramais: 2197 e 2281 – DDR (54) 3218 2197

Home Page: www.ucs.br – E-mail: educs@ucs.br

Agradecimentos

A organizadora da obra agradece a todos os autores pela colaboração no presente trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que financiou parte do desenvolvimento da proposta aqui apresentada (Processo 406.247/2013-7). UCS (*Campus* Universitário da Região dos Vinhedos), FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA DO RIO GRANDE DO SUL.

SUMÁRIO

Prefácio	8
Apresentação	11
Capítulo 1 Aspectos anatômicos e fisiológicos do sistema nervoso central	13
Luciane da Rocha (Univali)	
Capítulo 2 Extração de DNA e análise eletroforética de DNA	21
Luciana Dai Pra Penteadó, Raquel Cristina Balestrin (UCS)	
Capítulo 3 Detetive foliar: aprendendo com a morfologia da flora brasileira	
Rosane Pereira da Silva, Joseline Manfroi, Thaís Zeferino Laux, André Jasper (Univates)	32
Capítulo 4 Os moluscos e suas conchas: Qual é a sua importância para o nosso passado, presente e futuro?	43
Matias do Nascimento Ritter, (UFRGS), Vanessa Ochi Agostini (FURG)	
Capítulo 5 Zooplâncton: comunidade-chave nos processos bióticos e abióticos nos oceanos	52
Vanessa Ochi Agostini, (FURG), Matias do Nascimento Ritter (UFRGS), Erik Muxagata, (FURG)	
Capítulo 6 Invertebrados associados a substratos consolidados	70
Vanessa Ochi Agostini, (FURG), Matias do Nascimento Ritter (UFRGS), Erik Muxagata, (FURG), Carla Penna Ozorio (FURG)	
Capítulo 7 O aquarismo na escola: conhecer para preservar os ecossistemas aquáticos	86
Janete Maria Scopel, Vania Elisabete Schneider, Valquíria Villas-Boas, Gerson Luiz Cavalli (UCS)	
Capítulo 8 Coleção entomológica didática	97
Wilson Sampaio de Azevedo Filho (UCS)	
Capítulo 9 Roteiro para estruturar uma trilha ecológica “alfabetizadora” de novos cientistas.....	104
Gladis Franck da Cunha (UCS) Lisiane de Souza (Escola Municipal de Ensino Fundamental Professora Maria Borges Frota)	

Capítulo 10	
Utilizando fósseis para compreender processos geológicos e biológicos	117
Manuel Alfredo Medeiros (UFMA)	
Capítulo 11	
Entendendo a importância dos fósseis para a datação de rochas.....	130
Marina Bento Soares (UFRGS)	
Capítulo 12	
Jogos didáticos paleontológicos para o ensino básico	144
Robson Crepes Corrêa, Karen Adami Rodrigues (UFPel)	
Capítulo 13	
Saídas de campo urbanas: uma metodologia didática para o ensino de geologia, paleontologia e educação ambiental no ensino básico	153
Robson Crepes Corrêa (UFPel), Karen Adami Rodrigues, Ana Karina Scomazzon (UFPel)	
Capítulo 14	
Da onde vem a mágica? A criação de truques de salão como estratégia de ensino e aprendizagem no currículo de Ciências	164
Alexandre Mesquita, Odilon Giovannini Jr. (UCS)	
Capítulo 15	
Obtenção de um polímero biodegradável a partir da maisena	177
Matheus Poletto (UCS)	
Capítulo 16	
Montagem de pequenos painéis fotovoltaicos.....	186
Dario Eberhardt, Juliane Bernardes Marcolico, Gabriel Zottis Filomena (PUC/RS)	
Capítulo 17	
Medindo a escola e a rua para o aprendizado de cinemática básica	200
Marcus Vinicius Veiga Serafim (Escola Estadual de Ensino Médio Rachel Calliari Grazziotin)	
Currículos dos autores	208

Prefácio

A curiosidade é o motor do conhecimento. Ao debruçarmo-nos sobre esta afirmação, percebemos que ela é bastante plausível: a quantidade de coisas que aprendemos enquanto criança, e mesmo adolescente, não é imensa? Depois, aparentemente, aprendemos menos, ou talvez numa velocidade menor, mas de forma mais aprofundada e especializada. E a curiosidade, aquela natural, espontânea, livre, diminui. Então, como não saudar uma obra que cuida tão bem daquilo que é o motor do conhecimento, nessa fase inicial da vida, a curiosidade? Nos capítulos que se sucedem, atividades diversas provocam indagações, impasses, encanto, fascinação crescente. Esse é o “caldo de cultura” que propicia a emergência de vocações para a Ciência; nesse meio é que formar-se-ão mentes curiosas, mas cada vez mais preparadas para dar a essa curiosidade o cuidado que ela merece, instrumentando-a, sofisticando-a, tornando-a mais complexa e elaborada.

E como este livro propicia essa elaboração mental crescente? Inicialmente, chama a atenção o cuidado com a seleção de recursos que sejam o mais possível acessíveis, de baixo custo, improvisados mesmo. Além das virtudes óbvias de tal tipo de material (eles estão à mão), há uma, talvez um pouco menos evidente: trata-se de reconhecer que a pesquisa, apesar de tributária dos meios materiais que possibilitam fazê-la, transcende esses meios. Dito de outra forma: a pesquisa está muito mais na criatividade, na curiosidade, na originalidade da mente que a cria do que nos instrumentos que a sustentam. Então, é importante que os materiais que permeiam os diversos textos deste livro tenham “baixo custo”, o que os torna acessíveis. Mas, é mais importante ainda que os jovens estudantes, que pesquisam, tomem consciência dessa “descoberta” maravilhosa: a criação e a investigação brotam e se fortificam dentro da própria mentes. Os instrumentos? Bem, esses são os meios que colaborarão para a evolução de mentes criativas; eles estão a serviço da imaginação.

Muito se tem dito (e ouvido) a respeito da interdisciplinaridade. Nesta obra, temos a ocasião de vê-la em ação. Mas, se queremos encontrá-la, precisaremos procurá-la não por seu nome, mas por aquilo que propicia sua gênese. E o que é que propicia essas gêneses interdisciplinares? Problemas. Mas problemas autênticos, aqueles que possuem o potencial de fazer avançar alguma pergunta que, em algum momento de nossa vida, já a fizemos a nós mesmos. Como reconhecê-los? Esses problemas não são artificialmente descarnados, despidos de seu sentido, para poderem ser tratados apenas no âmbito de uma única disciplina. Não. Se nos dedicarmos a *resolvê-los*, eles exigirão o concurso de

diferentes áreas do saber. Mas essa é uma exigência do problema em si; não haverá necessidade de ninguém nos dizer que precisaremos de alguma Matemática para resolver um problema que nasceu, digamos, no âmbito da Biologia. Os leitores encontrarão muitos dessas problemas ao longo das páginas deste livro.

Mas, nesse ponto, algum leitor mais crítico poderia se perguntar: Em qual medida é científico um trabalho, no qual recursos materiais improvisados são empregados, que se dá ao luxo de resolver sucessivas questões, na medida em que elas vão aparecendo? Antes de debruçarmo-nos um pouco sobre essa questão, chamaremos a atenção do leitor para uma distinção importante, e corrente nos meios que se dedicam à didática das ciências e da matemática: há o assim chamado *saber de referência*, ou *saber sábio*, que é o saber da academia, já publicado e submetido ao escrutínio crítico da comunidade científica. O estudo desse saber dá origem ao que se chama de *epistemologia das ciências*. Mas aquilo de que trata este livro é de uma outra ordem, e poderia ser denominado de *epistemologia didática*. Como se dá a transposição desse saber (parte dele, bem entendido) de referência para um *saber-ensinar*? Há, por certo, múltiplas respostas, e todas elas levam a caminhos mais (ou menos) “transitáveis”. Mas uma delas interessa aqui em especial. E se o jovem estudante “fabricasse”, por ele mesmo, uma parcela desse conhecimento? Sim, isso é possível, e ambiente ideal para que se dê essa “fabricação” é o de pesquisa. Esse ambiente escolar é rico e provocante, e no qual os estudantes perseguem por eles mesmos, durante um certo tempo, e acompanhados por colegas mais experientes e pelos professores, a solução para um determinado enigma.

Voltando à questão anterior, a da *cientificidade* do que é feito em sala de aula, cabe destacar um aspecto, também contemplado nesta obra. Um conhecimento só merece o epíteto de *científico* após ter sido comunicado. Nada do que é aceito hoje (mesmo que provisoriamente) como conhecimento científico deixou de passar antes pelo crivo da avaliação dos pares. E, no âmbito escolar? Não, não estamos falando de avaliações (*provas*), no sentido usual. Pensamos em feiras de ciências, exposições para o público, mostras, *ralis* científicos, essas coisas. Esses são os momentos, por excelência, nos quais às produções de pesquisa dos alunos é dada a consideração do público em geral. O fluxo bidirecional de perguntas, esclarecimentos, explicações que se estabelecem entre o que apresenta e quem assiste simula com fidelidade um ambiente efervescente de criação científica. A *cientificidade* do que fazemos, no contexto da epistemologia didática, está no processo, e não no resultado final. Essa obra dá uma atenção especial a esse processo, a esses momentos de troca de saberes escolares.

Por fim, cabe destacar o que nos parece ser o legado maior desta obra: o potencial de encantamento que ela armazena. Abra-a, e ideias, sugestões, curiosidades, soluções criativas “saltarão” de dentro dela. Parabéns à organizadora, Profa. Cláudia, e a todos os que contribuíram, ao longo dos capítulos, para que este encantamento pudesse se concretizar. Boa leitura!

Prof. Francisco Catelli

Apresentação

A organização deste livro surgiu da vontade de incentivar professores do Ensino Fundamental e Médio a desenvolverem atividades diferenciadas para o dia a dia da sala de aula. Trazendo temas contemporâneos em Ciências, através de propostas de exercícios e aulas práticas, a presente obra constitui-se uma ferramenta para a atualização de professores, buscando contribuir para o sempre necessário aperfeiçoamento docente.

O foco desta obra, no entanto, não está apenas nos professores. Seu objetivo principal é incentivar, através de práticas e exercícios, o despertar científico nos alunos e mostrar quão maravilhoso é o mundo que nos cerca. Nas próximas páginas, pretende-se apontar que o mundo fascinante das Ciências não é exclusividade do cientista profissional. Não precisamos necessariamente estar em espaços altamente equipados, para realizar a investigação científica. Ao contrário, como se verá, o laboratório de ciências está ao nosso redor e, principalmente, dentro de nós mesmos! É possível proporcionar aos alunos, do Ensino Fundamental e Médio, a vivência científica por meio de práticas em Ciências, que se fazem com materiais baratos, acessíveis e recicláveis e com recursos tecnológicos disponíveis na internet sem custos.

Os conteúdos deste livro distribuem-se nas grandes áreas das Ciências, tais como: Física e Química, Corpo Humano, Ecossistemas e Seres Vivos, e Ciências da Terra. As atividades aqui propostas, no entanto, não se deixam limitar pelas convenções da estrutura curricular e buscam uma visão não fragmentada das Ciências, através de uma abordagem interdisciplinar do seu ensino. Procurou-se também apresentar assuntos normalmente não muito explorados nos livros didáticos para professores, buscando, com isso, dar ao docente meios de oferecer aos alunos um contato rico e variado com as Ciências.

De modo geral, os capítulos organizam-se a partir da apresentação dos objetivos da atividade, do público-alvo (Ensino Fundamental e/ou Médio), do referencial teórico, da proposta de atividade (s), da apresentação de resposta e/ou considerações finais, bem como das referências bibliográficas. Todos os capítulos estão abundantemente ilustrados.

Embora o livro seja destinado fundamentalmente a professores dos ensinos fundamental e médio, ele será útil também aos acadêmicos dos cursos de graduação, tais como: Biologia, Física, Química, Geografia, entre outros, que podem utilizá-lo como material complementar em suas atividades de estágio docente. Além disso, o livro é

acessível ao público geral interessado em Ciências, uma vez que é redigido em linguagem didática.

A esse respeito, cabe notar que este livro está, desde as suas origens, inserido em um esforço de difusão das Ciências, que têm a sala de aula como alvo, mas que não se limita a ela. Este livro foi concebido como parte de um Projeto de Extensão, apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 406.247/2013-7), que previa, além da elaboração desta obra, a promoção da II Mostra Pedagógica de Ciências. Realizada no ano de 2014, em Bento Gonçalves (RS), no *Campus* Universitário da Região dos Vinhos, da Universidade de Caxias do Sul, a Mostra incluiu palestras, oficinas e a exposição de trabalhos científicos relacionados ao ensino de Ciências. Além disso, com vistas à divulgação das Ciências para o público geral, a Mostra compreendeu a realização do Concurso Fotográfico “Vida em foco” e das exposições “Os microfósseis e sua importância para a indústria do petróleo” e “Dinossauros: ciência e ficção” (esta última com apoio da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul).

Espera-se que este livro sirva de estímulo para a comunidade estudantil como um todo, em sua trajetória de construção de conhecimento, formação crítica e de respeito ao meio que nos cerca e que contribua para o processo de democratização e popularização das Ciências.

Capítulo 1

Aspectos anatômicos e fisiológicos do sistema nervoso central

Luciane da Rocha

1. Objetivos: representar a estrutura do encéfalo identificando suas regiões, através da confecção de um modelo anatômico (atividade n. 1), e compreender a transformação do impulso nervoso em movimento executado pelos músculos (atividade n. 2).

2. Conteúdo: Ciências da Natureza

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

4. Referencial teórico

Para a compreensão dos mecanismos que regem o corpo humano e sua interação com os fatores do meio que o cerca, são necessários estudos da anatomia e da fisiologia humana (DANGELO; FATTINI, 2007). Diante da complexidade acerca do tema e das constantes transformações da sociedade, o repensar das práticas docentes tem sido necessário, para proporcionar estratégias que contribuam para a construção dos processos de ensino e aprendizagem, e a apropriação dos conceitos, objetivando o crescimento dos alunos como cidadãos mais críticos e capacitados para a vida.

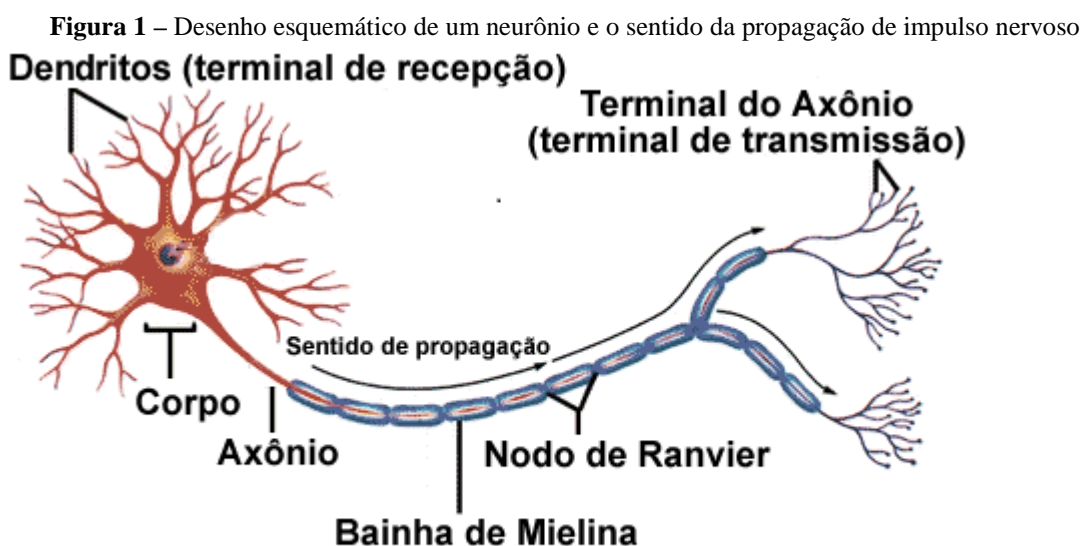
Nos estudos de anatomia humana, onde a visualização e o contato manual são fundamentais, o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras é necessário, mesmo diante dos inúmeros recursos digitais disponíveis, atualmente. Segundo Justina e Ferla (2006), a utilização de modelos didáticos diferenciados permite a materialização de um conceito, tornando-o mais acessível aos estudantes, despertando maior interesse e favorecendo o trabalho em equipe.

O estudo do sistema nervoso (neurociência) e seus aspectos anatômicos e fisiológicos têm ajudado a entender os processos de ensino e aprendizagem, podendo nortear novas práticas pedagógicas em todas as áreas do conhecimento. (NOGARO, 2012).

O sistema nervoso é responsável pelo controle e ajuste do organismo com o meio ambiente, através da percepção e identificação das condições externas e internas ao corpo, permitindo a adaptação às diversas condições. Para tanto, os neurônios, unidades básicas do sistema nervoso, são capazes de reagir com uma alteração elétrica que

percorre a membrana plasmática, constituindo o impulso nervoso, estabelecendo-se uma complexa conexão. (LUCCHIARI, 2010).

Em um neurônio, os estímulos se propagam sempre no mesmo sentido: são recebidos pelos dendritos, seguem pelo corpo celular, percorrem o axônio e, da extremidade deste, são passados à célula seguinte (**dendrito – corpo celular – axônio**). O impulso nervoso que se propaga através do neurônio é de origem elétrica e resulta de alterações nas cargas elétricas das superfícies externa e interna da membrana celular. Quando um estímulo químico, mecânico ou elétrico chega ao neurônio, pode ocorrer a alteração da permeabilidade da membrana, permitindo grande entrada de sódio na célula e pequena saída de potássio dela (Figura 1). Com isso, ocorre uma inversão das cargas ao redor dessa membrana, que fica despolarizada, gerando um potencial de ação. Essa despolarização propaga-se pelo neurônio caracterizando o impulso nervoso. Imediatamente após a passagem do impulso, a membrana sofre repolarização, recuperando seu estado de repouso, e a transmissão do impulso cessa (BEAR et al., 2008). Na porção terminal do axônio, o impulso nervoso proporciona a liberação das vesículas que contêm mediadores químicos, denominados neurotransmissores. Os mais comuns são acetilcolina e adrenalina. Esses neurotransmissores caem na fenda sináptica e dão origem aos impulsos nervosos na célula seguinte. Logo a seguir, os neurotransmissores, que estão na fenda sináptica, são degradados por enzimas específicas, cessando seus efeitos. (Bear et al., 2008).



Fonte: InfoEscola (2017).

Os órgãos que constituem o sistema nervoso são o encéfalo (na cavidade craniana) e a medula espinhal (no canal vertebral). Ambos constituem o sistema nervoso central (SNC), sendo este envolvido por três membranas denominadas meninges (pia-máter, dura-máter e aracnoide). Partindo do encéfalo e da medula espinhal, temos nervos e gânglios nervosos, constituindo o Sistema Nervoso Periférico (SNP).

Segundo Bear et al. (2008), o encéfalo inicia sua formação durante o período embrionário. Na medida em que vai se desenvolvendo, podemos distinguir três partes (Figura 2):

a) *o cérebro*: é a parte mais desenvolvida. Capaz de armazenar informações, é considerado o centro da inteligência, da aprendizagem, das emoções, da linguagem e da memória. Sua superfície é repleta de sulcos e depressões (circunvoluções cerebrais), que se divide em dois hemisférios unidos pelo corpo caloso. A superfície externa é denominada córtex e possui uma coloração cinzenta formada por cerca de 10 bilhões de neurônios. Atualmente, sabe-se que a percepção de todos os fenômenos e todas as nossas ações conscientes, que variam nos estados de coma, sono e vigília, são processadas no córtex cerebral. Na superfície interna, com coloração branca, há neurofibras (prolongamentos dos neurônios) que levam e trazem, do córtex, informações e instruções para o funcionamento corporal. Cada um dos hemisférios cerebrais é dividido em cinco lobos ou regiões responsáveis pelas diferentes funções cerebrais (frontais, parietais, temporais e occipitais) (Figura 3). Além dos hemisférios cerebrais, o cérebro apresenta estruturas diencefálicas: o tálamo, que recebe impulso dos órgãos do sentido, exceto o olfato; o hipotálamo, que regula o equilíbrio interno do organismo;

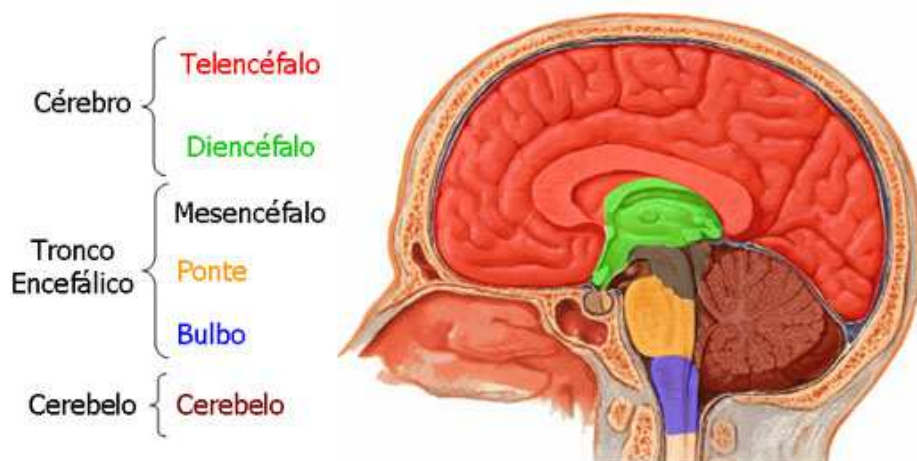
b) *o tronco encefálico*: é composto pelo mesencéfalo, pela ponte e pelo bulbo raquidiano. O mesencéfalo está localizado ao lado do tálamo e hipotálamo, e é responsável pelos reflexos visuais e auditivos. A ponte é o centro de retransmissão de impulsos, e se constitui de fibras nervosas que se unem ao cerebelo e ao córtex cerebral. O bulbo raquidiano, também chamado de medula oblonga, é constituído de importantes regiões que controlam as funções vitais como ritmo cardíaco, vasoconstrição, respiração etc.

c) *o cerebelo*: O cerebelo está localizado entre a parte posterior do cérebro e a ponte, no tronco encefálico. Tem estrutura parecida com o cérebro, e atua na coordenação de movimentos do corpo, equilíbrio, manutenção da postura e tônus muscular. O cerebelo se liga ao córtex cerebral, à medula espinhal e ao tronco encefálico, através de inúmeras fibras nervosas.

A medula espinhal é composta por trinta e um nervos espinhais e funciona como uma “estação”, visto que esta recebe a maior parte das informações das diversas regiões do corpo para serem retransmitidas para o encéfalo. A medula também produz estímulos simples, permitindo ao indivíduo reagir com rapidez, antes que a informação chegue ao cérebro como, por exemplo, retirar a mão de um objeto quente ou pontiagudo. (LUCCHIARI, 2010).

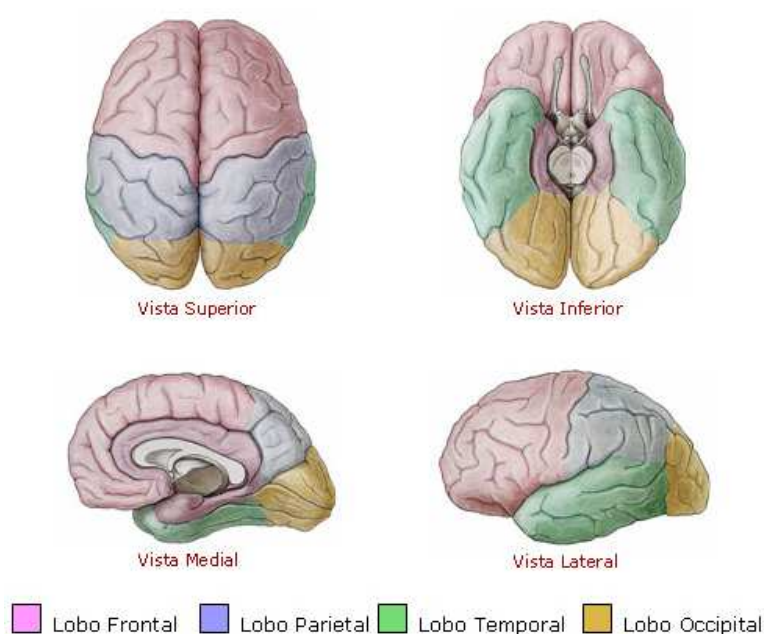
O sistema nervoso periférico (SNP) está distribuído por todo o corpo e intimamente ligado ao sistema nervoso central, por meio de prolongamentos de neurônios. É constituído de nervos e de gânglios nervosos. Os nervos são feixes de fibras nervosas, isto é, de axônios e suas células envoltórias. Já os gânglios nervosos são acúmulos de corpos celulares de neurônios localizados fora do sistema nervoso central. Tais gânglios atuam como estações que interligam neurônios e estruturas do organismo. (LUCCHIARI, 2010).

Figura 2 – Esquema de um corte longitudinal do encéfalo, indicando seus principais órgãos



Fonte: Aula de Anatomia (2001).

Figura 3 – Lobos cerebrais em vista superior, inferior, medial e lateral



Fonte: Aula de Anatomia (2001).

O SNP é dividido em sistema nervoso somático e sistema nervoso autônomo. O sistema nervoso somático controla fundamentalmente a musculatura esquelética, de contração voluntária. Seus neurônios se localizam na medula espinal e seus axônios saem da medula, constituem nervos e inervam diretamente os músculos do corpo. Já o sistema nervoso autônomo exerce controle de funções geralmente independentes da vontade, como, por exemplo, secreção de glândulas e contração de musculatura lisa e cardíaca. Os neurônios também estão na medula espinal, porém em locais diferentes dos neurônios do sistema nervoso somático. O sistema nervoso autônomo tem duas divisões: sistema nervoso autônomo simpático e sistema nervoso autônomo parassimpático. (LUCCHIARI, 2010).

5. Atividades

5.1 Atividade n. 1: aprendendo a estrutura do encéfalo

Para a realização desta atividade, é fundamental que os alunos tenham adquirido um conhecimento sobre as principais estruturas anatômicas do encéfalo.

a) Material:

- 800g de argila
- tinta guache de cores diferentes
- espátula
- pranchas esquemáticas do encéfalo

b) Procedimento

Utilizando a argila, peça para o aluno modelar os órgãos do encéfalo, evidenciado as circunvoluções cerebrais, com o auxílio de uma espátula. Sugere-se a montagem inteira da peça e também com os hemisférios separados, evidenciando-se o córtex (substância cinzenta e branca). Em seguida, pintar as peças com tinta guache, contrastando as diferentes partes (deixe a disposição do aluno esquemas coloridos com as partes do encéfalo). Evidenciar, em cores diferentes, os lobos frontal, parietal, temporal e occipital). Ainda podem ser evidenciadas, em cores diferentes das dos lobos, as principais áreas funcionais do córtex cerebral.

5.2 Atividade n. 2: transmissão do impulso nervoso na contração muscular

Para a realização desta atividade, o aluno deverá ter um conhecimento prévio dos mecanismos de contração muscular e impulso nervoso. É atividade simples que pode ser desenvolvida em sala, ou no pátio da escola.

a) Material

- um aluno voluntário
- cronômetro

b) Procedimentos

Peça para o aluno ficar de pé com os braços junto ao corpo. Após, ele deve levantar um dos braços lateralmente até a altura do ombro, retornando à posição inicial. Repetir o movimento três vezes. Posteriormente, solicite ao aluno que se encoste, paralelamente, em uma parede, de modo que o mesmo braço que executou o movimento fique entre a mesma e o corpo. O aluno deve tentar fazer o mesmo movimento do braço contra a parede, como se quisesse empurrá-la com força. Executar o movimento durante um minuto e meio.

Após este período, peça para o aluno se afastar totalmente da parede, mantendo-se solto. Comece a conversar com ele ou distraia-o de alguma forma. Pergunte aos demais alunos o que aconteceu com o braço do colega.

6 Respostas

6.1 Resposta da atividade n. 1: aprendendo a estrutura do encéfalo

Além de desenvolver a coordenação motora com o manuseio da argila, espera-se com esta atividade a observação tridimensional do encéfalo, facilitando a compreensão do seu funcionamento, através da identificação das suas partes. Esta atividade pode ser feita em sala de aula e não requer a utilização da estrutura de um laboratório.

Para concluir a atividade, explique para os alunos as funções do córtex cerebral e como este conhecimento poderá facilitar a memorização e o melhor aproveitamento dos estudos. Para tanto, sugere-se as leituras de Piazzini (2008) e o vídeo “Estimulando a inteligência” (IASP, 2013).

6.2 Resposta da atividade n. 2: transmissão do impulso nervoso na contração muscular

O braço do aluno tende a continuar se movimentando por um tempo. Isso acontece porque a área do cérebro responsável pelos movimentos começa a produzir informações elétricas, passando pela medula espinhal e, através dos nervos, chegam aos músculos do braço. O impulso elétrico, com o auxílio de um neurotransmissor, a acetilcolina, liga-se ao músculo, promovendo a liberação de cálcio dentro das células (no interior do citoplasma). A alta concentração do cálcio estimula a contração muscular promovendo o movimento (lembre-se que o cálcio tem um papel fundamental para os deslizamentos da actina e da miosina).

O braço continua a levantar involuntariamente porque, com o movimento, produziu um excesso de acetilcolina, que não foi degradada por enzimas específicas, fazendo com que a informação se mantenha, mesmo depois de o cérebro terminar de enviar seus impulsos. Simultaneamente, a força constante para levantar o braço fez com que o cálcio se acumule no citoplasma. Assim, mesmo após a finalização da transmissão nervosa e liberação da acetilcolina, o braço continua a se levantar até o cálcio acumulado sair do citoplasma.

Referências

- Aula de Anatomia. 2001. Disponível em: <<http://www.auladeanatomia.com/novosite/sistemas/sistema-nervoso/>>. Acesso em: 3 maio 2017.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M.A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- DÂNGELO, J.G.; FATTINI, C.A. *Anatomia humana sistêmica e segmentar*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.
- JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. *Arq Mudi*, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.
- InfoEscola. Lucas Martins. 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/biologia/tecido-nervoso/>>. Acesso em: 20 abr. 2017
- LUCCHIARI, A. C. Fisiologia do sistema nervoso. In: GUERRA, R. A. T. (Org.). Fisiologia humana e animal comparada. *Cadernos CB virtual*, João Pessoa. Ed. Universitária, n. 5, 2010.
- NOGARO, A. Neurociência, formação de professores e práticas pedagógicas. Web artigos. 2012. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/>>. Acesso em: 19 mar. 2015.
- PIAZZI, P. *Aprendendo inteligência*. São Paulo: Aleph, 2008. (Coleção Neuropedagogia, v. 3).
- PIAZZI, Pierluigi. *Estimulando a inteligência*. IASP. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=YSJsaER7rgg>>. Acesso em: 3 maio 2017.

Capítulo 2

Extração de DNA e análise eletroforética de DNA

Raquel Cristina Balestrin, Luciana Dai Pra Penteadó

1. Objetivos: demonstrar através de um método simples como se dá a obtenção do DNA e realizar a simulação de uma separação eletroforética do DNA.

2. Conteúdos: Genética, Biologia Molecular

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Médio

4. Referencial teórico

Hoje, o ensino de genética requer meios diferenciados para proporcionar a assimilação dos conteúdos, pois, com a influência da tecnologia, cada vez mais presente no dia a dia dos alunos, deixa-se de lado os livros e opta-se por meios que possibilitem acesso à informação de forma mais rápida e que exija menos raciocínio.

No ensino de genética, é fundamental que se utilizem diversos meios, pois existem inteligências múltiplas que devem ser trabalhadas de maneira integrada com as demais disciplinas do currículo escolar, para facilitar a compreensão dos assuntos abordados e a aplicação dos conceitos na prática.

O uso da ludicidade como meio de ensino vem se tornando cada vez mais importante em sala de aula, ao longo dos anos. Assim sendo, sua finalidade para o Ensino Médio consiste em promover a interação entre os conteúdos teóricos aprendidos em sala de aula e sua aplicação em atividades práticas, proporcionando a construção do conhecimento de maneira mais elaborada e efetiva. (ABRAMOVAY et al., 2010).

Entretanto, o docente precisa estar atento aos objetivos propostos pela ludicidade e sua correlação com os objetivos que devem ser atingidos no currículo de ensino, como também à faixa etária correspondente, ao grau de complexidade e de dificuldade de cada atividade selecionada e de cada área de ensino, para que, em conformidade com tais requisitos, seja possível proporcionar uma aprendizagem significativa aos alunos. (CARVALHO et al., 2011).

As aulas práticas proporcionam momentos de plena interação entre professor e aluno, pois é através delas que se torna possível mostrar, com base em exemplos, grande parte das teorias abordadas nos planos curriculares.

Nesse contexto, existem aulas práticas na área de genética, que vêm ganhando cada vez mais destaque. Através de método simplificado e de fácil compreensão, é possível mostrar aos discentes os processos de obtenção do DNA, para a realização de testes moleculares ou estudos em pesquisas.

5. Atividades

5.1 Atividade: extração de DNA

As técnicas de biologia molecular avançaram consideravelmente nos últimos anos, oferecendo novas possibilidades no estudo da genética. No entanto, para desenvolvimento de qualquer técnica que envolva o estudo de DNA, o primeiro passo a ser dado é a obtenção deste DNA.

A extração de DNA é o procedimento utilizado para a obtenção do DNA para análise e estudos posteriores. A extração consiste basicamente de quatro etapas:

- 1) ruptura ou lise celular, a fim de expor o DNA;
- 2) remoção de lipídios da membrana celular com detergente;
- 3) desmembramento da cromatina (DNA e proteínas);
- 4) precipitação ou separação do DNA dos demais componentes celulares.

Diferentes métodos de extração são utilizados de acordo com o tipo de amostra e a análise a ser realizada. Nesta atividade, será utilizada a técnica de isolamento de DNA por sais, um método simples e de baixo custo.

5.1.1 Protocolo extração de DNA genômico da mucosa bucal

O protocolo abaixo apresentado foi adaptado de Moraes (2015). Abaixo estão listados os materiais e equipamentos, os materiais por grupo de trabalho e o procedimento.

a) Materiais de laboratório:

- balança*
- estante para pesar tubos na balança*
- proveta de 200ml
- três conta gotas*
- água destilada
- ponteiros p1000

- pipetas p1000
- centrífuga*
- vórtex
- gelo picado (1 caixa)
- banho maria a 55°C

Obs.: (*) Materiais utilizados com o uso de centrífuga, apenas se for realizado o passo 4 do procedimento abaixo desta atividade.

b) Materiais por grupo:

- estante para tubos de 15ml
- dois tubos de 15ml
- ponteiras p1000
- pipetas p1000
- 1 becker (ou frasco similar), para descarte de líquidos 100ml
- 1 becker (ou frasco similar) para descarte de ponteiras
- 1 becker (ou frasco similar) para etanol 50ml
- bastão de vidro ou pedaço de arame fino
- dois *sachê* de açúcar
- dois copos para café
- água potável
- sal doméstico ou NaCl 5M
- detergente doméstico diluído a 25% (1:4) ou SDS 10%
- etanol absoluto (Álcool) gelado (deixar no congelador previamente)
- gelo

c) Procedimento:

1. Bochechar aproximadamente 10ml de água com açúcar (1 *sachê* de açúcar em meio copo de café com água) por 3 minutos.
2. Acondicionar em um tubo cônico ou similar, com tampa, aproximadamente 5ml da solução obtida do bochecho.
3. Fazer um raspado da mucosa bucal com palito de picolé e colocar no mesmo tubo. Misture bem para o raspado soltar do palito e retire-o.
4. Centrifugar os tubos por 10min a 1.300rpm (IMPORTANTE: calibrar os tubos e dispô-los corretamente na centrífuga). * Passo opcional.
5. Retirar os tubos da centrífuga, e descartar a solução (sobrenadante). Cuidado para não perder o pellet (acúmulo de células). * Passo opcional.
6. Adicionar 3ml de água destilada e 300µl de NaCl (ou uma pitada de sal de cozinha). Ressuspender o *pellet* agitando o tubo em vortex ou com as mãos.
7. Adicionar 500µl de detergente (SDS 10% ou 5 a 10 gotas de detergente de lavar louça a 25%) e homogeneizar vagarosamente, virando o tubo com a tampa fechada para cima e para baixo.

8. Aquecer a 55°C por 15min e, em seguida, resfriar 5min no gelo.
9. Adicionar dois volumes de álcool gelado (absoluto se possível) pelas bordas do tubo lentamente. Inverter o tubo várias vezes até precipitar o DNA (aglomerado branco em suspensão).
10. Mergulhar o bastão de vidro dentro do tubo e enrolar o DNA.

5.1.2 Perguntas:

- a) Do que é formada a molécula de DNA?
- b) Por que você não pode ver a dupla hélice?
- c) Qual a finalidade do uso de sal, detergente e álcool para a realização da prática?

5.2 Atividade: simulação de uma análise eletroforética de DNA e Teste de Paternidade

A visualização do DNA se dá através da análise eletroforética, a qual apresenta a separação dos fragmentos por tamanho (número de pares de bases), a partir de uma eletroforese em sistemas de géis, cujo princípio se baseia na mobilidade das moléculas em um campo elétrico. Durante a eletroforese, a amostra é aplicada em poços de um gel de corrida, dentro de uma cuba de eletroforese e este submetido a uma corrente elétrica (as matrizes mais comumente utilizadas são agarose ou poliacrilamida, imersos em uma solução-tampão. (CARVALHO et al., 2011).

O DNA é carregado negativamente, assim, após alguns minutos de corrida, ocorre migração das moléculas amplificadas e de tamanhos diferentes para o polo positivo. Quanto maior a concentração da matriz, maior a capacidade de distinguir fragmentos (poros menores), ou seja, maior a definição. No final da eletroforese, o gel é retirado da cuba e corado com intercalantes de bases de DNA, permitindo assim a sua visualização na forma de bandas, sob luz ultravioleta. Os tamanhos dos fragmentos obtidos são comparados a padrões de pesos moleculares dados em pares de bases (pb).

No genoma humano, existem determinadas regiões polimórficas que são utilizadas nos exames de paternidade e outros vínculos genéticos. Estas regiões podem constituir repetições consecutivas de número variável ou minissatélites (VNTR, do inglês, *Variable Number of Tandem Repeats*) ou repetições consecutivas curtas (STR, do inglês, *Short Tandem Repeats*) ou microsatélites. (CAMPOS et al., 2010).

Atualmente, as investigações genéticas nas populações, pelos perfis de locos STRs, têm sido amplamente empregadas, as quais permitem o uso de amostras contendo pequenas quantidades de DNA e/ou degradadas; contudo, quando analisados individualmente não apresentam um poder de discriminação comparável aos VNTRs e,

por isso, é preciso uma análise em conjunto de vários locos STRs, para garantir resultados satisfatórios. (CAMPOS et al., 2010).

O PCR (*Polymerase Chain Reaction*) é uma das técnicas utilizadas no exame de DNA. O pesquisador Kary Mullis, na década de 80, desenvolveu esta técnica e desde então revolucionou toda a Genética. A PCR é uma técnica *in vitro* de amplificação enzimática, que faz bilhões de cópias de um segmento específico de DNA de um indivíduo em particular na presença da enzima DNA polimerase. Nos exames de paternidade pela PCR, são analisadas as regiões polimórficas do tipo STRs.

Cada indivíduo possui seu próprio DNA e, desta forma, o material genético torna o indivíduo singular, permitindo identificá-lo em meio a vários outros. (CAMPOS et al., 2010).

5.2.1 Protocolo da simulação de uma análise eletroforética de DNA e Teste de Paternidade

A atividade simulação de uma análise eletroforética de DNA e Teste de Paternidade abaixo foi modificada. (CAMPOS et al., 2010).

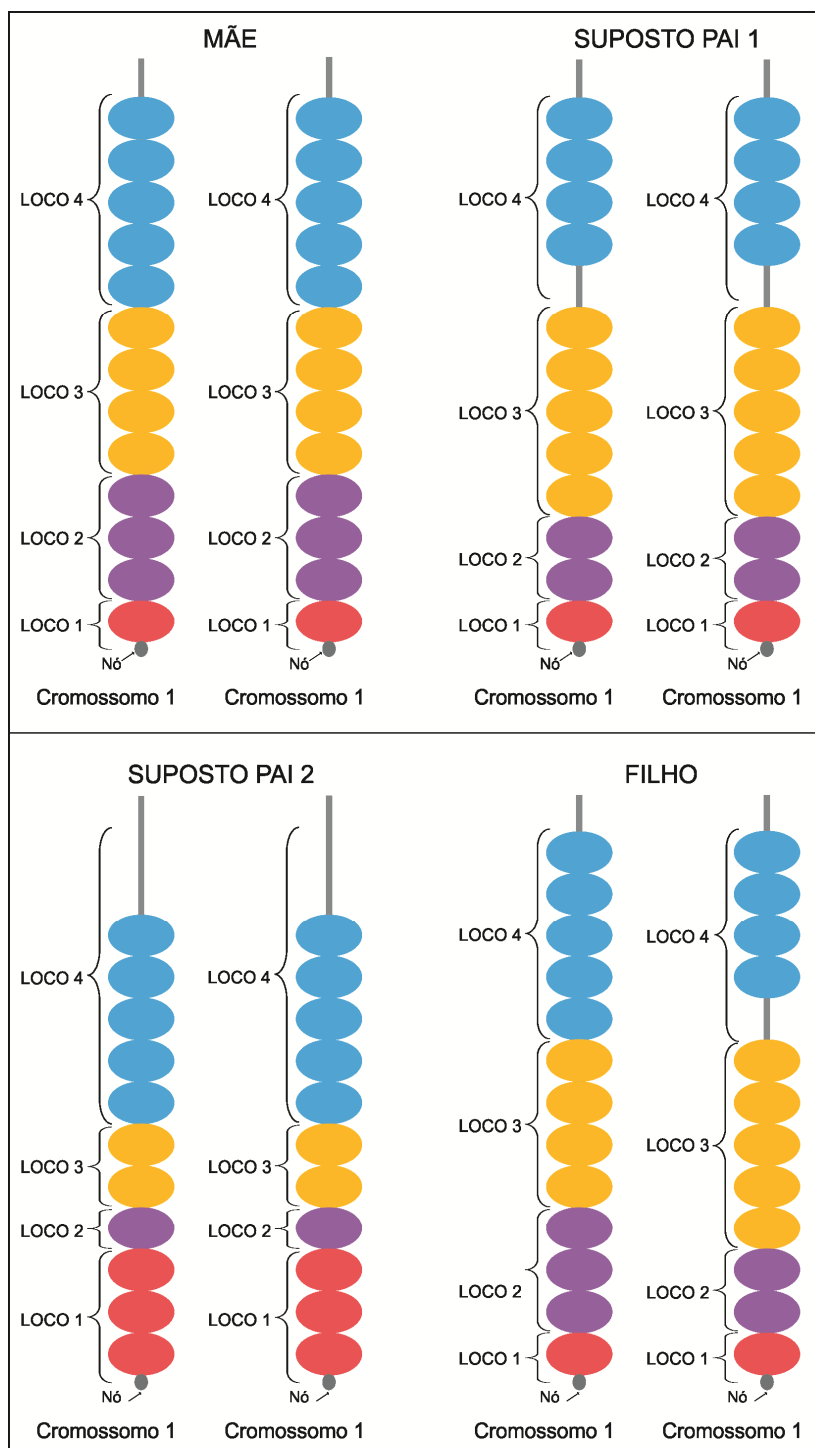
a) Material:

- 100 bolas de isopor de 2cm de diâmetro
- tinta guache azul, vermelha, amarela e verde
- barbante
- agulha de costura grossa
- folha de papel sulfite
- régua
- canetas

b) Procedimento:

1. Montar os modelos cromossômicos do cromossomo 1 materno, paterno (supostos pai 1 e 2) e filho conforme Figura 1.

Figura 1 – Modelo cromossômico (materno, paterno e filho), na utilização de barbante e bolas de isopor coloridas para representação de seus loci, contendo polimorfismos de DNA



Fonte: Modificada de CAMPOS et al. 2010).

2. Observar nos modelos a elaboração simbólica dos cromossomos de número 1 materno e paterno (supostos pais 1 e 2), contendo seriadamente variantes polimórficas de DNA, mostrando homozigose para todos os loci e os cromossomos do filho, mostrando os loci em heterozigose.

3. Para os quatro loci esquematizados nos cromossomos, cada bola representará um bloco de repetição polimórfico, de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 – Dados para simulação de uma eletroforese de loci polimórficos de DNA

LOCUS	CORES DAS MIÇANGAS	REPRESENTAÇÃO DOS POLIMORFISMOS	REPRESENTAÇÃO DA BASES (cm)
1	Vermelho	GAGGT	5
2	Roxo	GGTCAG	6
3	Laranja	CAG	3
4	Azul	CAGT	4

Fonte: Modificada de CAMPOS et al., 2010.

4. Simular uma eletroforese para separação de DNAs variantes STRs amplificados por PCR seguida da análise de paternidade, utilizando a Figura 2.

5. Nessa simulação de eletroforese, os quatro *loci* em questão serão analisados separadamente (loco 1 – vermelho, loco 2- roxo, etc.) e uma régua de 20cm será utilizada como escala de análise das bandas, colocada no lado esquerdo de uma folha de papel sulfite.

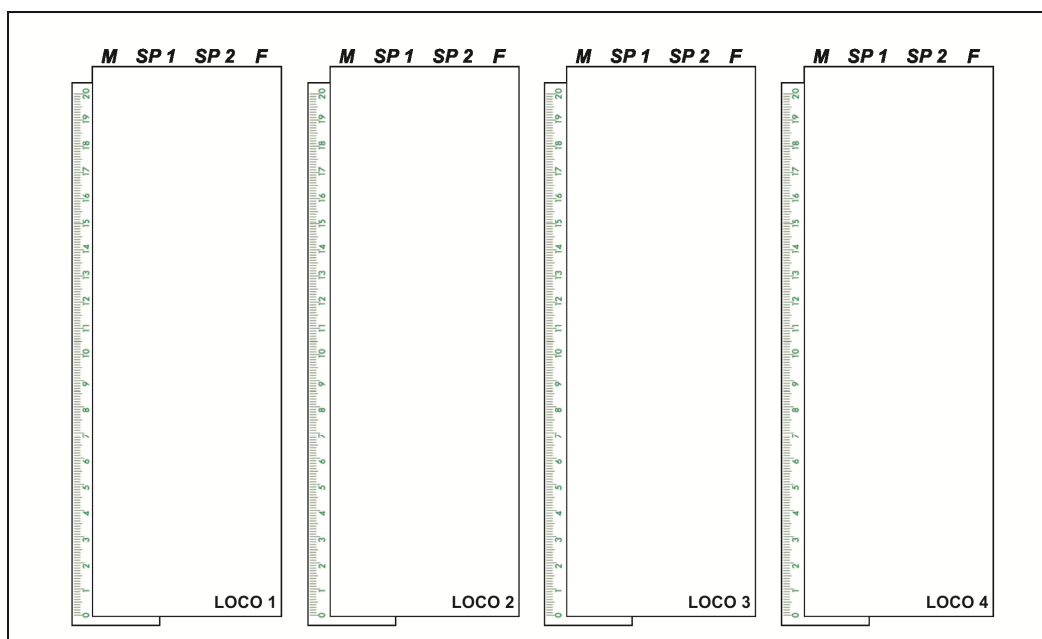
6. Marcar na Figura 2 as “bandas” geradas, a partir das “amplificações” dos loci polimórficos presentes nos cromossomos previamente apresentados. É importante salientar que essa análise é apenas ilustrativa do processo geral de eletroforese e que, previamente a essa técnica, para análise dos polimorfismos de STRs, o DNA genômico é amplificado por PCR Multiplex utilizando pares de iniciadores fluorescentes específicos para cada segmento.

7. Analisar de baixo para cima; e uma linha que representará as bandas de um gel será marcada na posição esperada do DNA amplificado de cada indivíduo, tendo como base seu genótipo e a migração por eletroforese em gel. A análise é realizada *loco por loco* e para cada indivíduo. Por exemplo, para o loco 1, a mãe, o SP1, o SP2 e o filho apresentam os seguintes padrões de bandas, respectivamente: 5 (5X1) e 5 (5X1); 5

(5X1) e 5 (5X1); 15 (5X3) e 15 (5X3); 5 (5X1) e 5 (5X1) cm. Dessa forma, a análise é feita na folha pela marcação de bandas (traços horizontais) *loco por loco* (Figura 3).

8. Analisar qual o provável pai biológico do filho (F), lembrando que: i) este herdará um cromossomo “1” paterno e outro materno; ii) diferente de seus genitores, será heterozigoto; iii) na eletroforese apresentará um perfil de bandas esperado de ambos os genitores.

Figura 2 – Modelo esquemático para representação da eletroforese para análise de polimorfismos de DNA e simulação de um exame de paternidade



Fonte: Campos et al., 2010.

5.2.2 Perguntas:

- a) Através da análise representativa da corrida eletroforética, qual o provável pai do filho (F)?
- b) Por que o outro suposto pai foi excluído da paternidade do filho (F)?

6. Respostas

6.1. Respostas da atividade 5.1.2: extração de DNA

- a) A molécula de DNA é formada por dois filamentos paralelos de nucleotídeos que se enrolam entre si, formando uma dupla hélice, que se liga por pontes de hidrogênio entre

as bases. O DNA constitui os genes de todos os seres vivos, ele é um polímero composto por macromoléculas, que são capazes de carregar as informações necessárias para a síntese de proteínas.

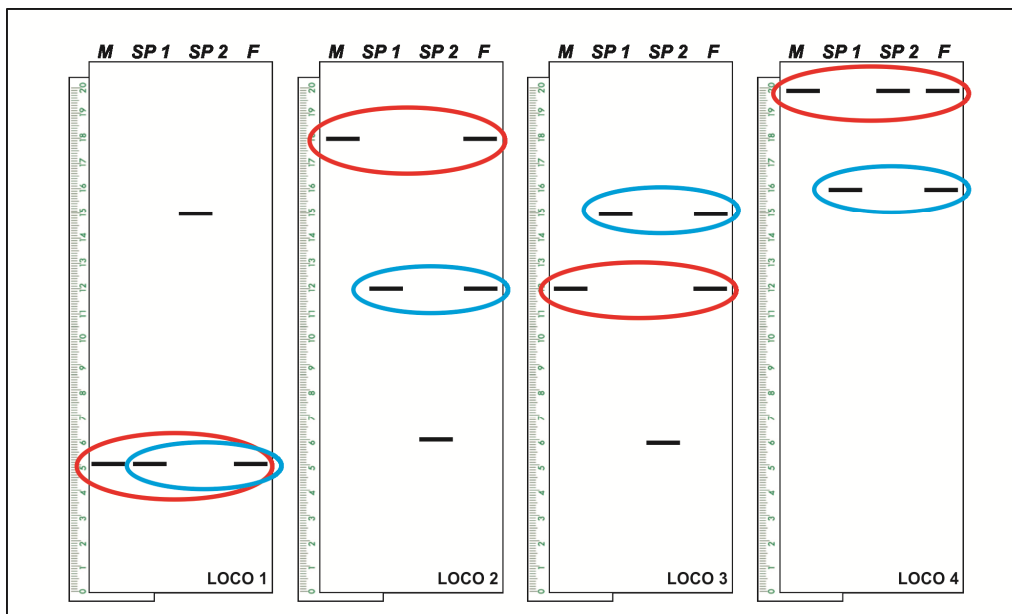
b) A estrutura de dupla hélice só pode ser visualizada de modo indireto e através de aparelhos sofisticados. O que você está observando são milhares de fitas de DNA juntas.

c) O detergente desestrutura as moléculas de lipídeos presentes nas membranas celulares (membrana plasmática e membrana das organelas). Com a ruptura das membranas, o conteúdo celular, incluindo as proteínas e o DNA, se solta e se dispersa na solução. O sal ajuda a manter as proteínas dissolvidas no líquido extraído, impedindo que elas precipitem com o DNA. Já o uso de etanol se dá devido à insolubilidade da molécula de DNA. Quando determinadas moléculas são solúveis em um dado solvente, elas se dispersam e não são visíveis. Porém, no caso do DNA, suas moléculas se agrupam e tornam-se visíveis. Quando mais gelado estiver o etanol, menos solúvel o DNA será e mais visível será.

6.2. Respostas da atividade 5.2.2: simulação de uma análise eletroforética de DNA e Teste de Paternidade)

a e b) Através da análise representativa da corrida eletroforética, visualiza-se que o provável pai do filho (F) é o Suposto Pai 1 (SP1) e exclui-se o Suposto Pai 2 (SP2)

Figura 3 – Representação da eletroforese para análise de polimorfismos de DNA e simulação de um exame de paternidade



Fonte: Modificada de Campos et al., 2010.

A análise é realizada loco por loco e para cada indivíduo. Para facilitar o entendimento da atividade, mãe, SP1 e SP2 são apresentados como homozigotos para todos os locus. Desta forma as bandas formadas por estes indivíduos para cada locus se sobrepõem na representação do gel, ou seja, para estes indivíduos haverá sempre uma única banda aparente na representação. Enquanto o filho (F), por receber uma cópia do cromossomo materno e outra do cromossomo paterno, poderá ser heterozigoto e assim poderá ter até duas bandas representadas por lócus.

Para o loco 1 (vermelho), a mãe, o SP1, o SP2 e o filho apresentam os seguintes padrões de bandas, respectivamente: 5 (5X1) e 5 (5X1); 5 (5X1) e 5 (5X1); 15 (5X3) e 15 (5X3); 5 (5X1) e 5 (5X1) cm, sendo o número de bases nitrogenadas por lócus X número de bolas presente no cromossomo por locus.

Para o loco 2 (roxo), a mãe, o SP1, o SP2 e o filho apresentam os seguintes padrões de bandas, respectivamente: 18 (6X3) e 18 (6X3); 12 (6X2) e 12 (6X2); 6 (6X1) e 6 (6X1); 18 (6X3) e 12 (6X2) cm.

Para o loco 3 (laranja), a mãe, o SP1, o SP2 e o filho apresentam os seguintes padrões de bandas, respectivamente: 12 (3X4) e 12 (3X4); 15 (3X5) e 15 (3X5); 6 (3X2) e 6 (3X2); 12 (3X4) e 15 (3X5) cm.

Para o loco 4 (azul), a mãe, o SP1, o SP2 e o filho apresentam os seguintes padrões de bandas, respectivamente: 20 (4X5) e 20 (4X5); 16 (4X4) e 16 (4X4); 20 (4X5) e 20 (4X5); 20 (4X5) e 16 (4X4) cm.

As moléculas do DNA são separadas de acordo com o seu tamanho; as de menor massa migrarão mais rapidamente do que as de maior massa, pois os fragmentos menores apresentam maior facilidade para atravessar os poros da matriz. Por esse motivo, a análise dos resultados obtidos com o experimento é realizada de baixo para cima.

Para complementar a atividade, a simulação poderá ser realizada solicitando aos alunos para realizarem a representação da eletroforese do filho, caso o suposto pai “2” seja o seu pai biológico, ou também como seria a representação, se todos os indivíduos fossem heterozigotos para os quatro locus.

Referências

ABRAMOVAY, Miriam; CASTRO, Mary Garcia. *Ensino Médio: múltiplas vozes*. Brasília: Unesco Brasil, 2003.

CAMPOS, Cristian Kely Pereira et al. *Genética na escola – Exames de Paternidade pelo DNA: uma metodologia para o ensino da genética molecular*. Disponível em: <<http://geneticanaescola.com.br/vol-v2-artigo-01-2/>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

CARVALHO, Ana Maria P.; GIL-PÉREZ, Daniel. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, Cristina Valletta de; RICCI, Gianinna; AFFONSO, Regina. *Guia de Práticas em Biologia Molecular*. São Caetano do Sul, SP: Yendis, 2010.

MORAES, Milton. *DNA na Cozinha: em museu da vida – Jogos e Experiências*. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=220&sid=3>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

Bibliografia consultada

GRIFFITHS, Anthony J. F.; WESSLER, Susan R. *Introdução à genética*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

JUNQUEIRA, José; CARNEIRO, Luiz C. *Biologia celular e molecular*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2012.

Capítulo 3

Detetive foliar: aprendendo com a morfologia da flora brasileira

Rosane Pereira da Silva, Joseline Manfroi, Thaís Zeferino Laux e André Jasper

1. Objetivo: reconhecer a morfologia das folhas, fomentando a identificação de espécies da flora brasileira, através de sua estrutura foliar.

2. Conteúdo: Ciências da Natureza

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

4. Referencial teórico

Efetivamente, toda a vida na Terra depende, direta ou indiretamente, dos produtos resultantes da fotossíntese, processo realizado por organismos, como plantas, algas e algumas bactérias. Através deste mecanismo, ocorre a captura de energia solar e formação de moléculas orgânicas. (EVERT; EICHHORN, 2014).

O corpo de uma planta pode ser compreendido em termos de sua longa história e, em particular, das pressões evolutivas envolvidas na transição da água para a terra. As condições para um organismo fotossintetizante são relativamente simples: luz, água, alguns minerais, gás carbônico para a fotossíntese e oxigênio para a respiração. (EVERT; EICHHORN, 2014; OLIVEIRA; SAITO, 2000).

Ao longo do seu processo evolutivo, as plantas utilizaram estratégias alternativas para se adaptarem a diversos ambientes. Desenvolveram órgãos com grande multiplicidade, atribuindo a estes diferentes funções. (NULTSCH, 2000). Entre estes órgãos específicos, a raiz ancora a planta ao solo e coleta água e nutrientes necessários para a manutenção do seu corpo e para a fotossíntese, enquanto o caule serve de suporte para os principais órgãos fotossintetizantes, as folhas. (EVERT; EICHHORN, 2014; GONÇALVES; LORENZI, 2007).

Diferentemente do caule, as folhas geralmente não apresentam crescimento contínuo ano a ano. Elas demonstram uma grande pluralidade, principalmente quanto à sua forma (interna e externa) e função. Sua forma é definida geneticamente, mas pode

ser alterada em adaptação a certas condições ambientais. (JUDD et al., 2009; LORENZI, 2009).

Sendo assim, o formato das folhas está diretamente associado às condições ambientais do seu hábitat; a disponibilidade de água é um fator especialmente importante neste contexto. Uma grande área foliar, conseqüentemente, proporciona uma elevada perda de água, sob a forma de vapor, por outro lado, a superfície das folhas adaptadas a locais muito secos é frequentemente reduzida, por exemplo. (EVERT; EICHHORN, 2014; NULTSCH, 2000).

Para caracterização da estrutura foliar de um vegetal, diversos critérios são levados em consideração, porém a forma requer destaque especial. Na análise da forma da folha, é realizada a diagnose do contorno, ápice, da base, margem, dos recortes e do sistema de nervação (HICKEY, 1974). Tais estruturas apresentam-se de formas tão variadas, que contribuem com a multiplicidade das folhas, onde suas margens podem ser inteiras, denteadas, lobadas, fendidas, entre outras e a superfície e disposição foliar podem apresentar-se de forma reticulada ou paralelinérvea e até mesmo pinada ou bipinada, por exemplo. (NULTSCH, 2000).

Para a grande parte das espécies vegetais, frequentemente as folhas são consideradas simétricas, ou seja, apresentam suas duas metades iguais, mas há algumas exceções como a Begônia (*Begonia aconitifolia*) e o Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), que possuem assimetria na estrutura foliar.

As folhas podem ser consideradas completas quando apresentarem três partes principais: limbo, pecíolo e bainha. (OLIVERIA; SAITO, 2000). Nas eudicotiledôneas, as folhas, geralmente, consistem em uma porção expandida, o limbo ou lâmina e uma porção pedunculada, o pecíolo. Existem, ainda, apêndices semelhantes a folhas, denominados estípulas, que se desenvolvem na base de algumas folhas. Porém, muitas folhas não têm pecíolos e são intituladas sésseis. Em grande parte das monocotiledôneas e em algumas eudicotiledôneas, a base da folha é expandida em uma bainha. (EVERT; EICHHORN, 2014; LORENZI, 2009).

As folhas das eudicotiledôneas ainda podem ser caracterizadas entre simples ou compostas. Nas folhas simples, o limbo não é dividido em partes distintas. Nas folhas compostas, o limbo é dividido em folíolos, cada qual geralmente com seu próprio pecíolo. Dois tipos de folhas compostas podem ser demonstrados: folhas compostas pinadas e folhas compostas palmadas. Nas folhas compostas pinadas, os folíolos originam-se de ambos os lados de um eixo, a raque, como as pinas de uma pena. A raque é uma extensão do pecíolo. (OLIVERIA; SAITO, 2000). Como mencionado acima,

as folhas apresentam muitas peculiaridades quanto a sua morfologia, além disso, está presente na maior parte dos vegetais, tendo sua reconhecida importância não apenas pela sua presença e pluralidade de formas, mas também pela sua função, a fotossíntese. Ciente da importância de uma abordagem mais aprofundada dos conteúdos trabalhados no ensino, a atividade prática proposta é de fácil aplicação e visa não apenas aprofundar os conteúdos na área de botânica, mas também conscientizar crianças e adolescentes sobre a importância de conhecermos a flora nativa brasileira e suas peculiaridades.

5. Atividades

5.1 Atividade A

a) Materiais:

- Diferentes tipos de espécies arbóreas da flora brasileira (coletar um pequeno galho de cada espécie onde seja possível visualizar a estrutura foliar e a inserção das folhas no caule). Como sugestão para esta atividade, listaram-se vinte espécies da flora brasileira, que são facilmente encontradas tanto em ambientes urbanos quanto em rurais. Além disso, não há necessidade de realizar a coleta de todas as espécies listadas abaixo; realize a coleta conforme a necessidade do seu público-alvo (número de alunos) e sempre de forma cuidadosa, garantido que a planta não sofra dano significativo.

b) Sugestões de espécies para a realização da atividade:

- Açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), Angico (*Parapiptadenia rigida*), Araçá (*Psidium cattleianum*), Araucária (*Araucaria angustifolia*), Araticum (*Rollinia salicifolia*), Camboatá vermelho (*Cupania vernalis*), Cerejeira (*Eugenia involucrata*), Chá-de-bugre (*Casearia sylvestris*), Chal-chal (*Allophylus edulis*), Corticeira-da-Serra (*Erythrina falcata*), Erva-mate (*Ilex paraguariensis*), Guabiju (*Myrcianthes pungens*), Ingá-feijão (*Inga marginata*), Ipê-amarelo (*Tabebuia alba*), Louro (*Cordia trichotoma*), Paineira (*Chorisia speciosa*), Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), Pau-ferro (*Astronium balansae*), Pitangueira (*Eugenia uniflora*) e Timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*).

c) Procedimento:

Organize a turma de alunos em duplas; em seguida distribua para os alunos as folhas previamente coletadas; cada dupla de alunos deve receber no mínimo quatro

folhas de quatro espécies. Posteriormente, entregue aos alunos um “cartão do detetive” com características específicas da morfologia foliar de uma das espécies recebidas (Figura 1, ver em respostas). Explique para os alunos que eles devem agir como detetives, seguindo as pistas fornecidas no “cartão do detetive”, que lhes foi entregue, para encontrar a folha correta que corresponde às características de uma espécie da flora brasileira.

Cada “cartão do detetive” fornece para os alunos seis características da morfologia da folha que procuram; estas características referem-se: ao tipo de folha e de limbo, à disposição no caule, disposição dos folíolos, ao recorte da margem foliar e ao formato da folha. Para auxiliar os alunos na identificação e no reconhecimento da morfologia foliar, apresenta-se, nas Figuras 2, 3 e 4 (ver em respostas), a representação da multiplicidade das formas foliares abordadas nesta atividade, com seus respectivos nomes, que podem ser reproduzidas pelo professor e fornecidas para os alunos, sendo trabalhadas durante a atividade prática ou de forma prévia.

Após a identificação da folha correspondente às características apresentadas no “cartão do detetive”, por parte dos alunos, pode-se fornecer o “cartão-resposta” para os mesmos, onde eles terão acesso ao nome popular e científico da espécie da flora brasileira investigada.

5.2 Atividade B

a) Materiais:

- Utilizar as mesmas folhas de espécies arbóreas da flora brasileira coletadas para a atividade anterior.
- Jornal, lápis, borracha, régua, cola branca e uma folha de desenho.

b) Procedimento:

A mesma dupla de alunos que desenvolveu a atividade anterior pode ser instruída a elaborar uma exsicata com as folhas das espécies arbóreas, que eles identificaram. Os alunos deverão acondicionar a folha das respectivas espécies vegetais no meio de três folhas de jornal e guardá-las em um local seco e arejado. Sobre as folhas de jornal de toda a turma, a professora deverá colocar algum objeto com peso, para manter as folhas pressionadas. Decorridos aproximadamente quatro dias, as folhas vegetais podem ser retiradas dos jornais, e os alunos poderão confeccionar em uma folha de desenho uma exsicata, onde constará além da folha da espécie vegetal, o seu nome e suas

características. No final da atividade, sugere-se que a professora reúna todas as exsiccatas e elabore um “Mini-herbário” da turma.

6. Respostas

6.1 Resposta da atividade A: ver Figura 1, 2, 3 e 4 abaixo.

6.2 Resposta da atividade B: Elaboração de uma exsiccata.

Figura 1 (parte 1) – Jogo do detetive

<p>Cartão do Detetive</p> <p>Oposta Composta Reticulada Bipinada Dentada e Lanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Ipê-amarelo Nome científico: <i>Tabebuia alba</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Composta Reticulada Bipinada Dentada e Lanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Pau-ferro Nome científico: <i>Astronium balansae</i></p>
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Composta Reticulada Bipinada Dentada Lanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Paineira Nome científico: <i>Chorisia speciosa</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Simples Reticulada Pinada Inteira Lanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Araticum Nome científico: <i>Rollinia salicifolia</i></p>
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Simples Reticulada Inteira Obovada Pinada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Louro Nome científico: <i>Cordia trichotoma</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Simples Reticulada Pinada Dentada Oblonga</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Erva-Mate Nome científico: <i>Ilex paraguariensis</i></p>
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Simples Reticulada Bipinada Dentada Oblonga</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Chá-de-bugre Nome científico: <i>Casearia sylvestris</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Verticilada Composta Bipinada Inteira Lanceolada Paralelinérvea</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Araucária Nome científico: <i>Araucaria angustifolia</i></p>

Figura 1 (parte 2) – Jogo do detetive

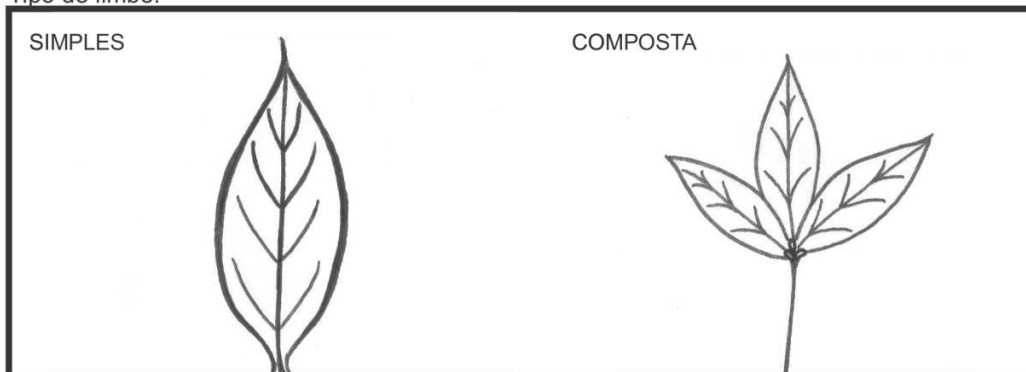
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Simples Pinada Reticulada Denteada Ovada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Açoita-cavalo Nome científico: <i>Luehea divaricata</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Composta Bipinada Inteira Obcordata Reticulada</p>
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Composta Reticulada Pinada Dentada Lanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Camboatá-vermelho Nome científico: <i>Cupania vernalis</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Composta Reticulada Bipinada Inteira Linear</p>
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Oposta Simples Reticulada Pinada Inteira Elípticolanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Cerejeira Nome científico: <i>Eugenia involucrata</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Composta Bipinada Inteira Reticulada Lanceolada</p>
<p>Cartão do Detetive</p> <p>Oposta Simples Reticulada Pinada Inteira Ovalada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Guabiju Nome científico: <i>Myrcianthes pungens</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alterna Inteira Composta Reticulada Bipinada Cuneiforme</p>

Figura 1 (parte 3) – Jogo do detetive

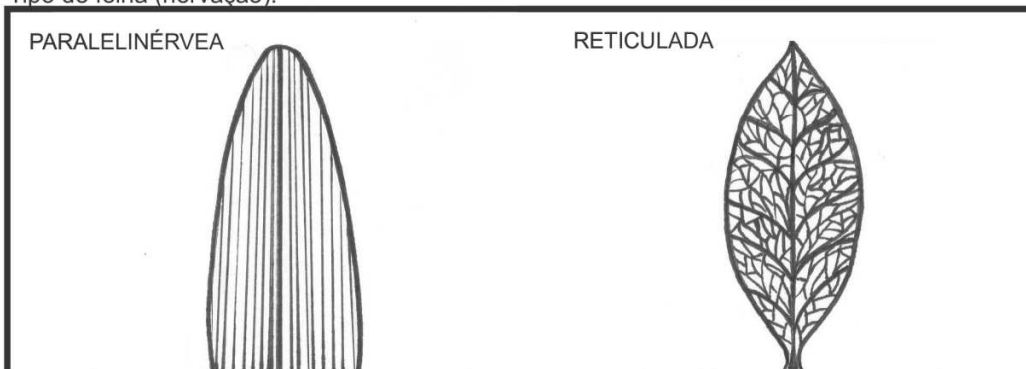
<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Pata-de-vaca Nome científico: <i>Bauhinia forficata</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alternata Composta Bipinada Reticulada Inteira Bipinulada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Angico Nome científico: <i>Parapiptadenia rigida</i></p>
<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Timbaúva Nome científico: <i>Enterolobium contortisiliquum</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Oposta Simples Reticulada Pinada Inteira Acuminada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Pitangueira Nome científico: <i>Eugenia uniflora</i></p>
<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Ingá-feijão Nome científico: <i>Inga marginata</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Oposta Simples Reticulada Pinada Inteira Ovada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Araçá Nome científico: <i>Psidium cattleianum</i></p>
<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Corticeira-da-serra Nome científico: <i>Erythrina falcata</i></p>	<p>Cartão do Detetive</p> <p>Alternata Composta Reticulada Bipinada Denteada Lanceolada</p>	<p>Cartão Resposta</p> <p>Nome popular: Chal-chal Nome científico: <i>Allophylus edulis</i></p>

Figura 2 – Tipos de anatomia foliar

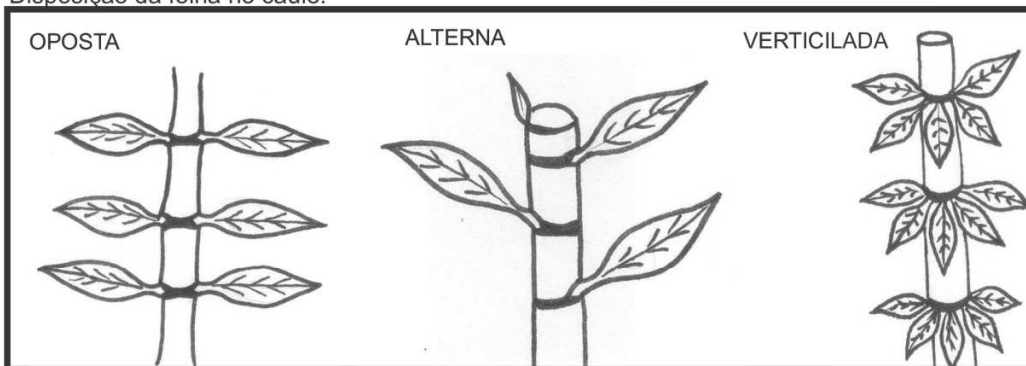
Tipo de limbo:



Tipo de folha (nervação):



Disposição da folha no caule:



Disposição dos folíolos:

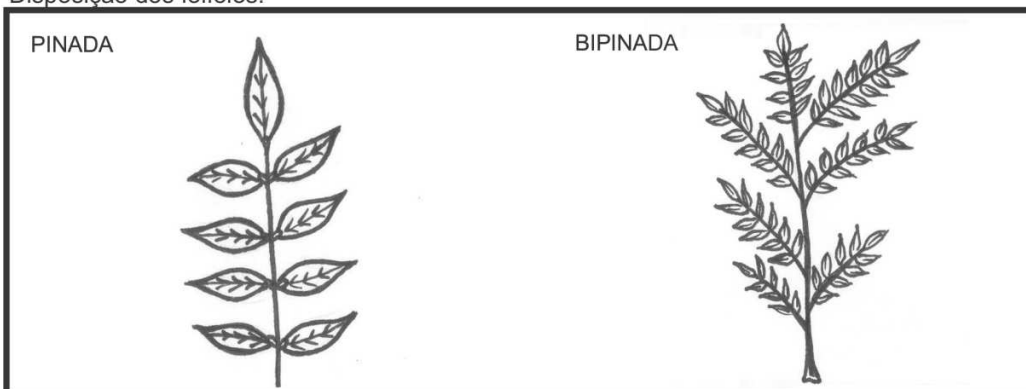


Figura 3 – Tipos de margens foliares

Corte da margem foliar:

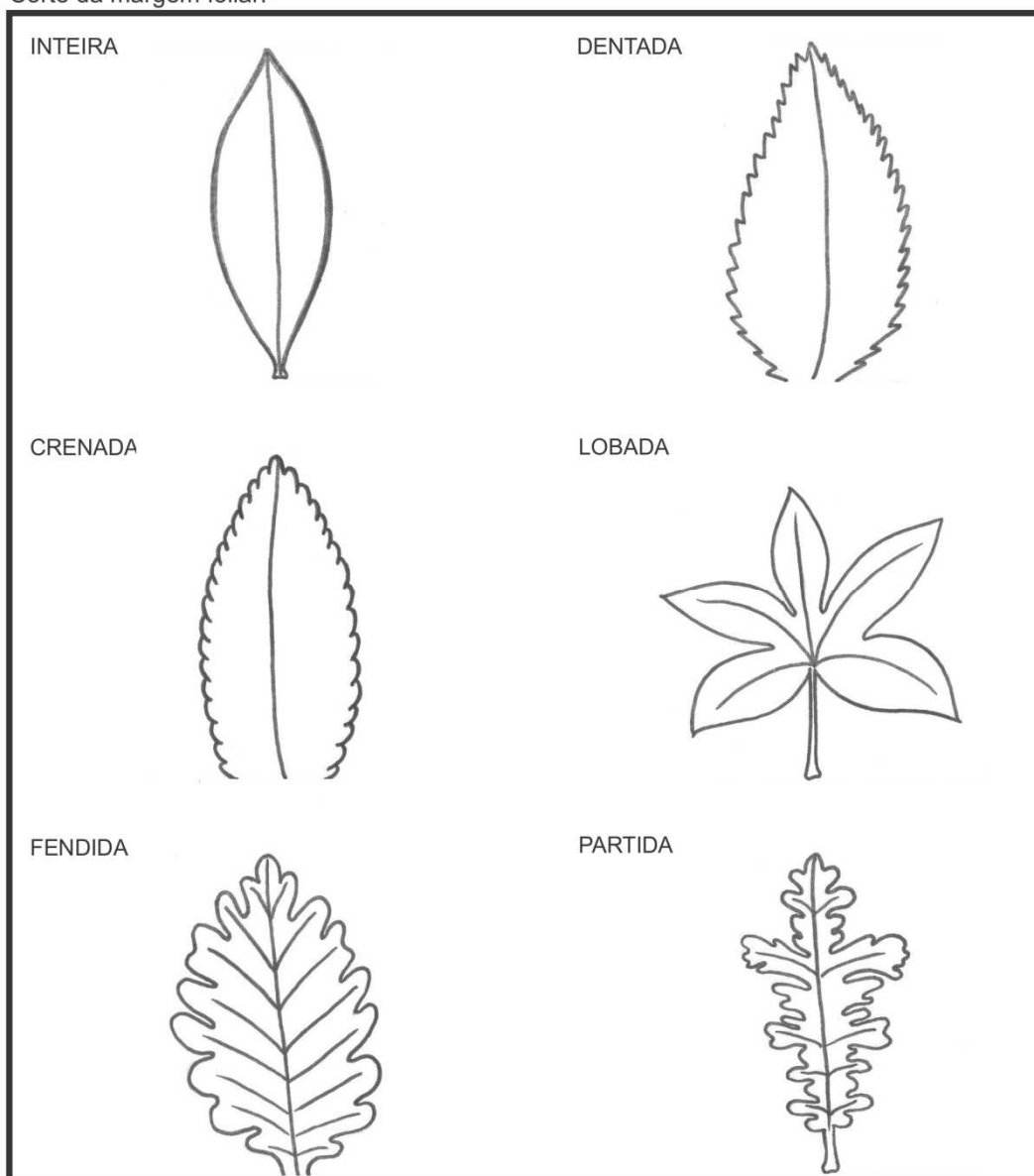
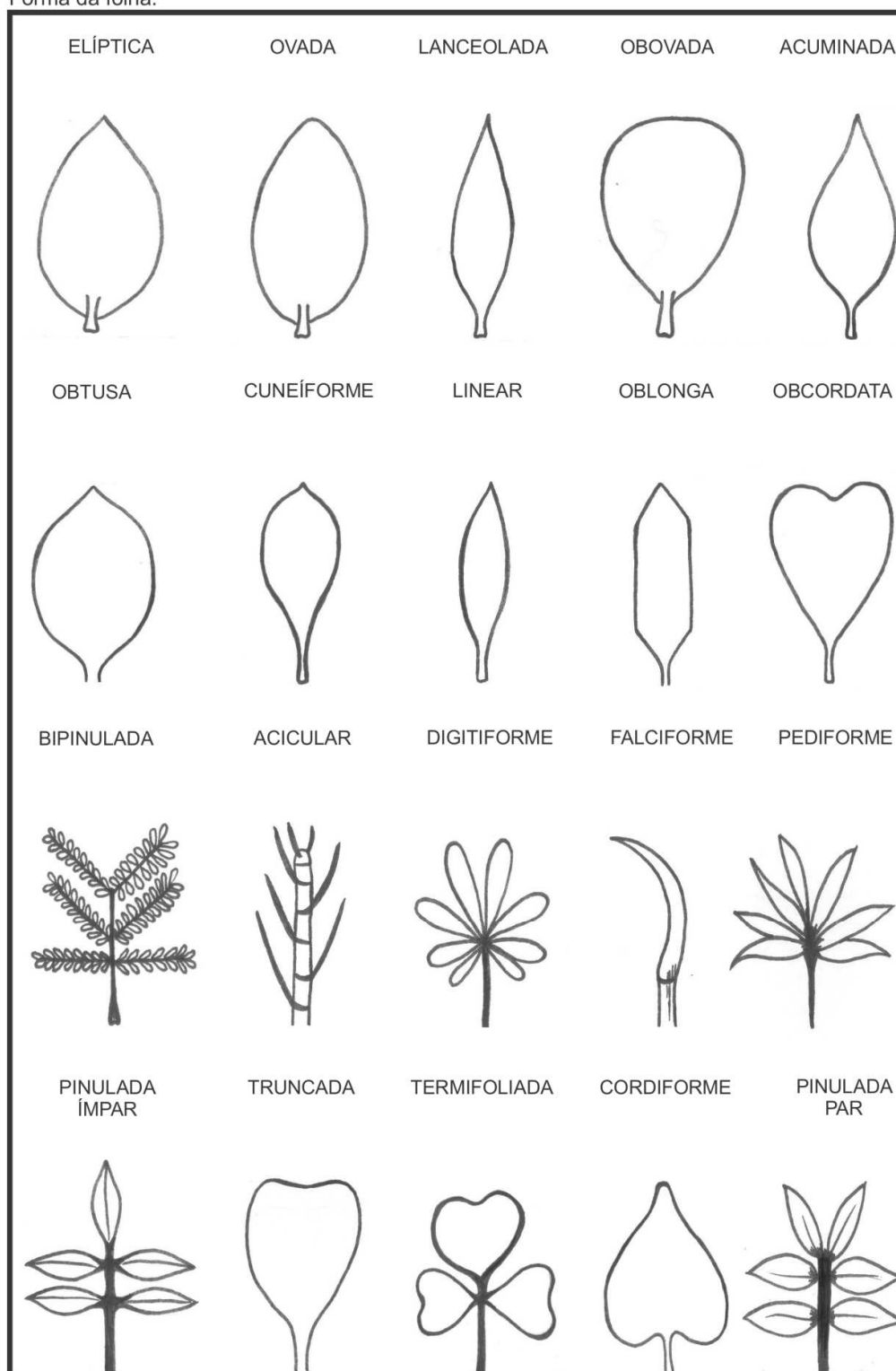


Figura 4 – Tipos de formas de folhas

Forma da folha:



Referências

EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Raven biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

GONÇALVES, E.G.; LORENZI, H. *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2007.

HICKEY, L. J. Clasificación de la arquitectura de las hojas de dicotiledoneas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, n. 16, p. 1-26, 1974.

JUDD, W. S. et al. *Sistemática vegetal: um enfoque filogenético*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras*. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2009. v. 3.

NULTSCH, W. *Botânica geral*. 10. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

OLIVEIRA, F.; SAITO, M.L. *Práticas de morfologia vegetal*. São Paulo: Atheneu, 2000.

Capítulo 4

Os moluscos e suas conchas: Qual é a sua importância para o nosso passado, presente e futuro?

Matias do Nascimento Ritter, Vanessa Ochi Agostini

1. Objetivo: quando caminhamos pela beira da praia, temos uma grande probabilidade de encontramos remanescentes biológicos de animais marinhos. Dentre eles, destacam-se as conchas de moluscos. Elas geralmente nos despertam curiosidade e intuitivamente as coletamos devido principalmente à sua beleza. Contudo, elas podem nos contar uma interessante história sobre processos biológicos que ocorreram no oceano. O objetivo aqui, portanto, é aprender como e quais informações estas conchas podem nos fornecer acerca das interações ecológicas atuais e até mesmo sobre o passado longínquo do nosso planeta.

2. Conteúdo: Ciências da Natureza (com aplicação à Matemática)

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental

4. Referencial teórico

Muitas vezes, quando caminhamos pela praia, podemos nos deparar com carapaças carbonáticas produzidas por alguns organismos marinhos, principalmente conchas de bivalves e gastrópodes, ambos moluscos (Figura 1). Os moluscos são invertebrados marinhos que vivem, desde há muito tempo, milhões de anos, em nossos mares, lagos, rios, além dos ambientes terrestres. Mas, sua maior diversidade pode ser encontrada nos oceanos. (BRUSCA; BRUSCA, 2007). Os moluscos exibem uma expressiva diversidade de hábitos e estruturas morfológicas, ocupando todos os ambientes marinhos desde a zona de respingos até fontes hidrotermais no fundo oceânico. (CASTRO; HUBER, 2012).

Estes invertebrados apresentam uma gama de formas e tamanhos, características que os separam em diferentes grupos. Podemos encontrar desde formas muito pequenas até as lulas colossais (*Mesonychoteuthis hamiltoni*) (ROBSON, 1925), com mais de 20m de comprimento. Entretanto, nossa atenção será nas duas classes de moluscos em que grande parte dos seus representantes apresentam uma concha calcária bem resistente: os

gastrópodes (Gastropoda) e os bivalves (Bivalvia). Os gastrópodes são o grupo mais variado e mais comum. Sua concha única, em forma espiralada, é facilmente reconhecida na beira da praia. Os bivalves apresentam duas conchas que são mantidas fechadas por músculos adutores quando vivos. Após a sua morte, devido à ação bacteriana, elas são separadas e assim encontramos na areia somente as valvas.

Os gastrópodes são bentônicos e vivem geralmente associados a fundos marinhos consolidados, como rochas, estruturas artificiais ou outros organismos. Na sua maioria são carnívoros. Os bivalves apresentam diferentes características ecológicas, sendo que muitos vivem enterrados na areia (infaunais) e outros sobre um substrato consolidado (epifaunais). Alimentam-se filtrando o sedimento. Um exemplo de bivalve infaunal (que vive enterrado na areia), que é comumente utilizado como isca para pescar nas praias do Rio Grande do Sul (RS), é o famoso marisco, *Amarillodesma mactroides*. (REEVE, 1854).

Figura 1 – Concentrações de conchas de moluscos na beira da praia, numa região conhecida como Concheiros, no Litoral sul do Rio Grande do Sul

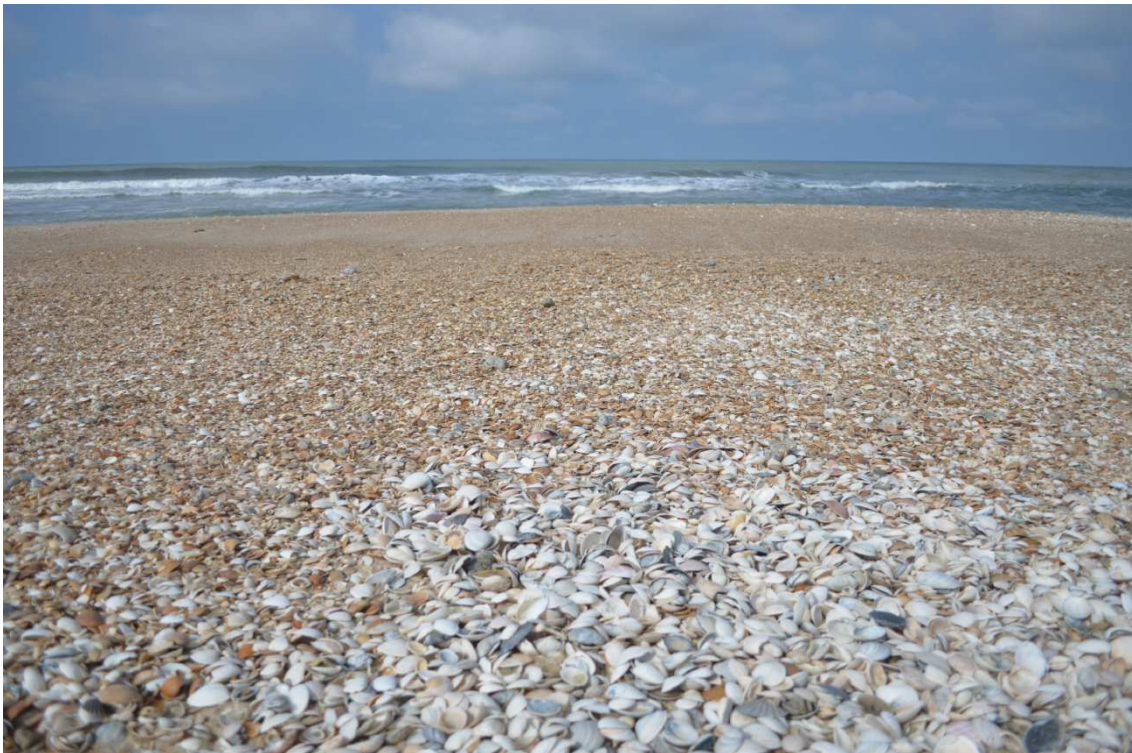


Foto: Matias Ritter.

Após a morte destes moluscos, as valvas dos bivalves e as conchas de gastrópodes são carregadas sistematicamente pelas ondas até à beira da praia, que, devido à sua energia, transporta sedimentos e estes remanescentes biológicos. Estas conchas são de espécimes que habitam áreas próximas ou até áreas marinhas mais profundas. Neste último caso, podem ter sido transportadas até a praia durante tempestades marinhas.

Uma curiosidade interessante é que a vida no fundo do mar é dinâmica, ou seja, diversas espécies atuam como substrato às outras. A maioria dos invertebrados marinhos, como vimos no capítulo anterior deste livro (AGOSTINI et al., 2017; Capítulo 6), tem uma fase inicial de vida larval e assentam sobre outros organismos, assim como os gastrópodes e os bivalves.

Assim, quando um bivalve ou um gastrópode morre, no seu ciclo natural de vida, suas conchas permanecerão no fundo do oceano atuando como substrato consolidado ou até como casa para alguns organismos (Figura 2). Algumas conchas podem ser destruídas, tendo papel chave no ciclo biogeoquímico do carbono, pois as conchas são formadas por carbonato de cálcio (CaCO_3) e elas são naturalmente dissolvidas no fundo do mar, liberando compostos carbonáticos (HCO_3^-), que fazem parte do ciclo do carbono.

Como grande parte das conchas podem ficar por um longo tempo no fundo do mar, ocorre a acumulação e mistura de conchas de diferentes idades e gerações. Particularmente no RS, podemos encontrar no fundo do mar conchas que morreram ontem com outras com mais de algumas dezenas de milhares de anos idade (leia mais sobre este assunto em Ritter e Erthal (2015)).

Desta forma, as conchas que encontramos na beira da praia podem nos contar sobre a interação ecológica no fundo do mar e o papel biológico destas conchas. Elas acabam atuando como substrato a diferentes espécies de invertebrados marinhos que têm uma fase larval e precisam de uma superfície consolidada para se fixarem e se desenvolverem. Em outras palavras, podemos observar uma grande quantidade de organismos incrustantes apenas analisando estas conchas, enquanto aproveitamos a praia.

Figura 2 – Concha de gastrópode servindo como abrigo a um caranguejo, litoral médio do Rio Grande do Sul, próximo a Bojuru



Foto: Matias Ritter.

Dentre os organismos mais comuns de contatarmos, sobre as conchas destes moluscos, podemos destacar os briozoários, as cracas, os poliquetas, os corais, como até outros bivalves e gastrópodes (Figura 3).

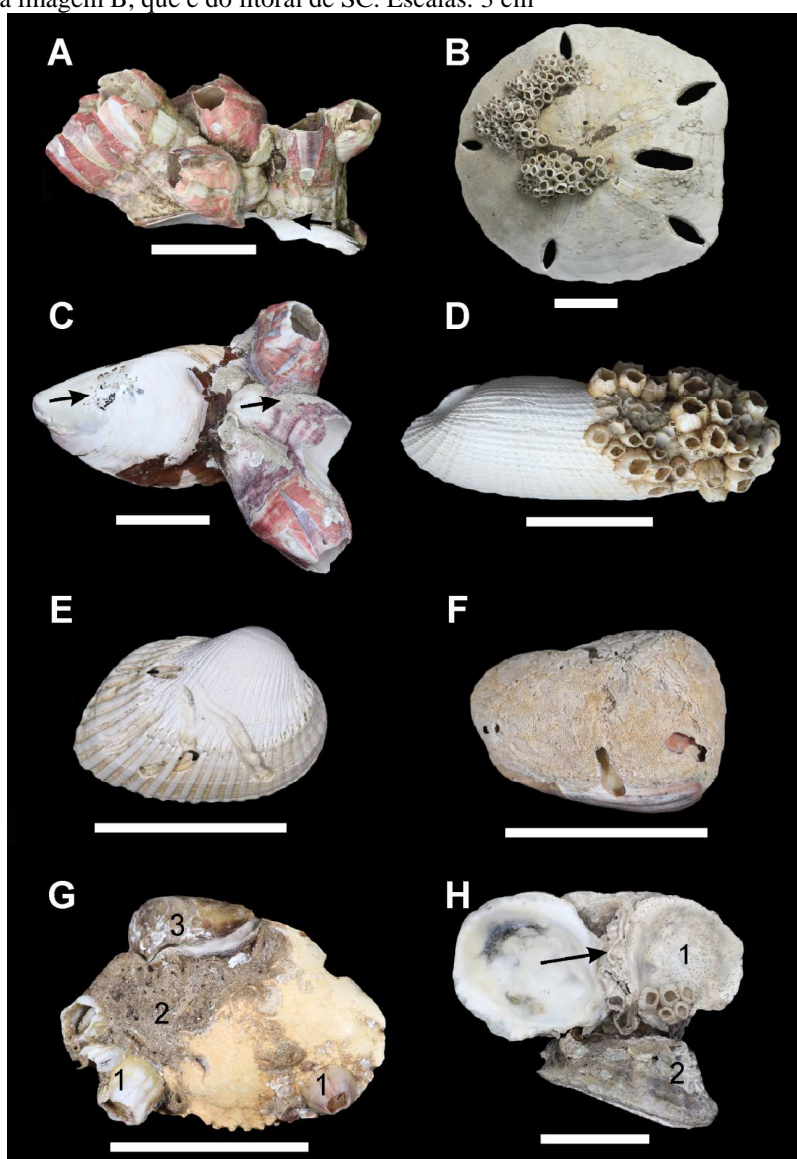
Além da presença de organismos incrustantes, também podemos encontrar nas conchas marcas de predação. Geralmente são marcas causadas por gastrópodes em bivalves, especificamente por duas famílias deste grupo (Muricídeos e Naticídeos). Outras marcas causadas por caranguejos e até mesmo peixes podem ser encontradas, mas são dificilmente identificadas.

Os diferentes organismos incrustantes apresentam uma zonação biológica conforme a profundidade. Em outras palavras, isto é, algumas espécies preferem viver em áreas mais rasas e outras em áreas mais profundas. Então, se mergulhamos desde o raso, até, por exemplo, 30m, iremos encontrar diferentes espécies à medida que percorrermos o caminho. Conseqüentemente, conchas em diferentes profundidades estarão expostas a diferentes espécies de organismos com potencial de colonização. Esta zonação está geralmente relacionada à zona fótica, isto é, até a profundidade, onde a luz solar alcança. Presença de luz, juntamente com uma quantidade adequada de nutrientes, significa maior número de organismos produtores (fotossintéticos), que são o alimento dos consumidores primários (zooplâncton) e assim por diante.

Os invertebrados marinhos incrustantes têm certa seletividade por determinadas espécies (assim como pelo material consolidado). Conchas maiores e mais robustas geralmente podem ter maior número de organismos incrustados, embora esta relação seja mais complexa do que parece. Mares tropicais, como o Mar do Caribe, também apresentam maior densidade de colonização, em relação a oceanos subtropicais, como o da costa do RS.

Em um estudo experimental, por exemplo, Ritter et al. (2014a) identificaram que espécies de bivalves com conchas sem reentrâncias apresentaram um número bem menor de incrustação que em outra espécie com uma concha mais heterogênea. Ademais, a parte dorsal das conchas também apresenta maior número de organismos incrustantes do que a parte ventral, que é utilizada mais comumente por espécies sedentárias e vágeis.

Figura 3 – Exemplos mais comuns de interações biológicas entre invertebrados, em que conchas de moluscos e outros invertebrados atuam como substrato para outros organismos. **A.** Cracas que habitam o infralitoral sobre um bivalve conhecido popularmente como mexilhão. Note que, além das cracas, a seta aponta para uma colônia de briozoários. **B.** Uma bolacha-da-praia incrustada com outra espécie de craca, distinta da imagem A. (fica bom colares o nome da espécie ou pelo menos o gênero se souberes). **C.** Uma imagem semelhante a A, porém com uma densidade menor de cracas. É possível observar sobre as cracas colônias de briozoários (seta da direita), bem como bioerosão causada por um poliqueta (seta da esquerda). **D.** Uma espécie de bivalve marinho não raso incrustado com a mesma espécie de craca (da imagem B). **E.** Um bivalve com marcas de bioerosão por poliquetas, semelhante à imagem C. **F.** Um molusco gastrópode comumente encontrado na beira da praia praticamente todo incrustado por briozoários. **G.** Uma carapaça de um crustáceo (Decapoda) incrustado por cracas (1), marcas de poliquetas (2) e por um grupo de bivalves conhecido como ostras (3). **H.** processo de incrustação primária de ostras sobre ostras, bem como diversos outros organismos. Na parte interna de uma ostra (1), é possível ver pequenas pontuações causadas por uma esponja, em (2) uma espécie de coral. A seta ainda enfatiza para um tubo construído por um poliqueta serpulídeo. Todos os espécimes são da costa do RS, com exceção da imagem B, que é do litoral de SC. Escalas: 3 cm



Fotos: Luiz Flávio Lopes.

Em outro estudo semelhante, Ritter et al. (2014b) mostraram que o fato de conchas com superfícies mais heterogêneas apresentarem maior número relativo de organismos incrustantes pode estar relacionado à maior área para formação de um biofilme bacteriano, isto é, bactérias envoltas por uma matriz polimérica extracelular que aumenta a afinidade de larvas pelo substrato.

Mas, você deve imaginar que o fundo do mar é um ambiente em que há muita movimentação de água e, por consequência, de sedimentos. Assim, as conchas podem ser soterradas por areia ou lama e assim não ficam expostas acima do sedimento, necessário à incrustação das larvas de invertebrados marinhos. De forma antagônica, as conchas que apresentam incrustação ficaram expostas por um tempo considerável (anos, milhares de anos) para que um ou mais organismos se fixassem e se desenvolvessem sobre ela. Então, se ampliarmos nosso pensamento, podemos retirar informações, até sobre a formação do registro fóssil, observando uma concha na beira da praia.

Como você já deve ter ouvido falar ou ter lido sobre o assunto, um fóssil é um remanescente biológico que viveu há muito tempo no nosso planeta. Quando um paleontólogo, profissional que estuda este material, encontra, por exemplo, uma concha com milhares de anos com organismos incrustados, ele tem na sua frente uma grande quantidade de informações sobre os organismos que habitaram nossos mares pretéritos, bem como sobre a formação deste fóssil. Por exemplo, ele saberá quais eram as espécies incrustantes, a profundidade aproximada em que vivia o molusco, a partir das espécies incrustantes, e que esta concha, há milhares de anos ficou exposta no fundo do mar. As conchas da praia podem nos fornecer valiosas informações sobre a vida no fundo do mar.

Kowaleswki et al. (2014) reportaram recentemente uma expressiva diminuição no número de conchas em praias turísticas da Espanha, devido à coleta e ao pisoteio por turistas. Desta forma, evite coletá-la ou quebrá-las, pois você poderá estar destruindo parte desta informação.

5. Atividade

O que você acha de aprender mais na beira da praia? Nossa intenção é realizar uma atividade ao ar livre, na beira da praia mais próxima da sua escola.

Vamos caminhar pela beira da praia, onde o mar espraia a onda, por uns 500 ou 1.000m, coletando cuidadosamente conchas de bivalves e gastrópodes. Estas conchas podem ser acomodadas em bandejas plásticas, mas tome cuidado para não danificá-las.

No final deste percurso, vamos nos reunir para observar o material coletado. Primeiro vamos contar quantas conchas foram coletadas. Anote este dado. Após, vamos separar aquelas nas quais você observa outro organismo incrustante sobre a concha ou uma marca de predação. Guarde por enquanto as conchas que você não observou. Agora, respondam, quantas conchas apresentam organismos incrustantes? Quantas apresentam marcas de predação ou ambos? Anote esta informação.

Agora, vamos tentar identificar estes organismos ou quem causou esta marca. Observe a Figura 2 deste capítulo e tente ver se você as reconhece no seu material. Se, sim, anote quantas vezes você encontra cada um. Analise uma concha de cada vez e sistematicamente as guarde para não analisar nenhuma concha duas vezes. Conte também se as marcas estão em um só lado ou em ambos da valva. Lembre-se que uma única concha pode apresentar mais de um organismo incrustante. Você pode adicionalmente observar se alguns tipos de conchas apresentam maior frequência destas marcas, isto é, se há uma preferência dos organismos incrustantes. Agora, você pode responder: Qual a porcentagem de conchas que estavam incrustadas? Quantas não estavam? Quantas apresentaram marcas de predação por outros organismos? Qual a porcentagem de cada tipo de incrustação? E assim por diante. Monte uma tabela ou um gráfico para melhor ilustrar seus dados.

6. Considerações finais

O princípio da educação ambiental e preservação devem sempre estar presentes. É muito importante que, depois das atividades, sejam devolvidas as conchas à areia, pois agora sabemos que não devemos coletá-las. Quando for à praia novamente, aproveite para observá-las!

Referências

AGOSTINI, V. O. et al. Invertebrados associados a substratos consolidados. Capítulo 10. In: MACHADO, C. P. (Ed.). *Ensino de Ciências: práticas e exercícios para a sala de aula*. 2017. No prelo.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. *Invertebrates*. 2. ed. Miami: Sinauer Associates, 2003.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. *Biologia marinha*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

KOWALEWSKI, M.; DOMÈNECH, R.; MARTINELL, J. Vanishing clams on an Iberian beach: local consequences and global implications of accelerating loss of shells to tourism. *PLoSone*, **9**: e83615. 2014. doi: 10.1371/journal.pone.0083615

RITTER, M.N.; ERTHAL, F. Conchas de moluscos na praia: vestígios de uma história a ser contada. *Ciência Hoje*, n. 327, 2015. (*in press*).

RITTER, M. N. et al. Experimental encrustation in time-averaged marine molluscan deposits. In: INTERNATIONAL PALAEOONTOLOGICAL CONGRESS, 4., 2014. *Abstracts*, Mendoza, IPA, 2014a. p. 103.

RITTER, M. N. et al. Incrustação experimental em conchas marinhas *time-averaged*. In: PALEO-RS. *Livro de Resumos*, Candelária, SBP, p. 32, 2014b.

Capítulo 5

Zooplâncton: comunidade-chave nos processos bióticos e abióticos dos oceanos

Vanessa Ochi Agostini, Matias do Nascimento Ritter, Erik Muxagata

1. Objetivo: estabelecer conceitos ecológicos acerca da cadeia trófica aquática e dos processos físicos, químicos, biológicos e ecológicos oceânicos, com ênfase na importância das interações entre o zooplâncton marinho e os demais membros da comunidade planctônica.

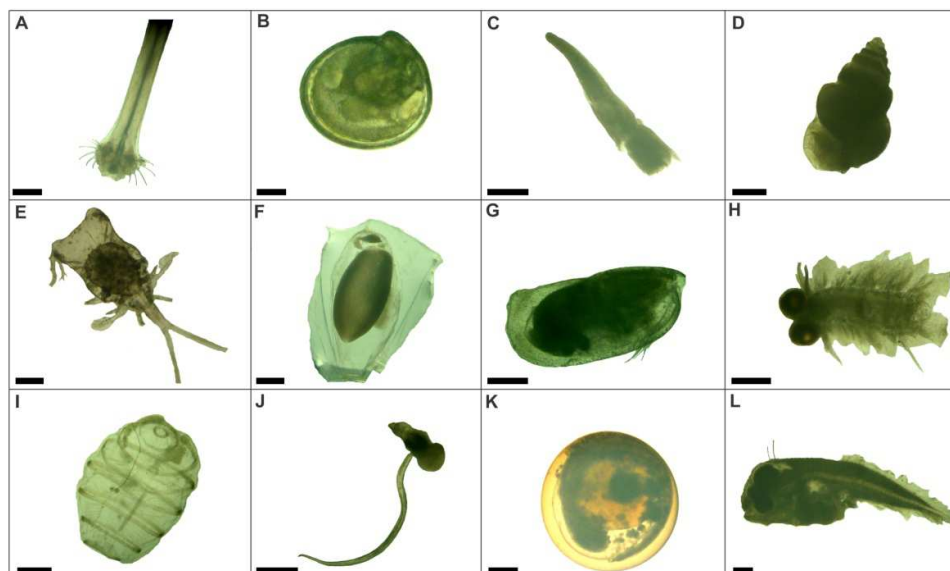
2. Conteúdo: Ciências da Natureza, Química

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Médio

4. Referencial teórico

O zooplâncton marinho pode ser apreciado, com auxílio de uma lupa, por qualquer pessoa com acesso à zona costeira, arrastando uma rede de coleta com uma malha bem fina no estuário ou na praia, a qual amostrará de centenas a milhares de organismos, dependendo do tempo e de eficiência de coleta. Estes organismos possuem formas bizarras, beleza rara e estranhos movimentos e são estudados por biólogos e oceanólogos. (JOHNSON; ALLEN, 2012) (Figura 1).

Figura 1 – Fotografias de organismos encontrados em uma amostra de zooplâncton marinho. **A:** chaetognata (Filo Chaetognatha); **B:** bivalve (Filo Mollusca); **C:** pterópoda (Filo Mollusca); **D:** gastrópode (Filo Mollusca); **E:** copépodo (Filo Arthropoda); **F:** sifonóforo (Filo Cnidaria); **G:** ostracode (Filo Arthropoda); **H:** poliqueto (Filo Annelida); **I:** doliolídeo (Filo Chordata); **J:** apendiculária (Filo Chordata); **K:** ovo de peixe (Filo Chordata); **L:** larva de peixe (Filo Chordata). Escala: 100 µm.



Todavia, para podermos dar a devida importância a estes organismos, precisamos entender como eles estão inseridos no complexo ecológico-marinho.

Os estudos com organismos planctônicos iniciaram por volta de 1828 por Johannes Müller, que os chamou, inicialmente de “Auftrieb” ou material de rede, termo logo caído em desuso, sendo atualmente utilizado o termo plâncton, que define a comunidade de organismos vivos, flutuantes ou à deriva na coluna de água e que possuem pouca ou nenhuma capacidade de locomoção, sendo que a sua distribuição horizontal está relacionada com a massa de água na qual se encontram, diferentemente dos animais que vivem junto ao fundo e dos que se movimentam ativamente na coluna d’água, os quais são chamados de bentos e nécton, respectivamente (HAECKEL, 1893). Atualmente os organismos planctônicos podem ser divididos em cinco grandes grupos (Figura 2):

Figura 2 – Intervalo de tamanhos atribuídos aos cinco principais grupos planctônicos

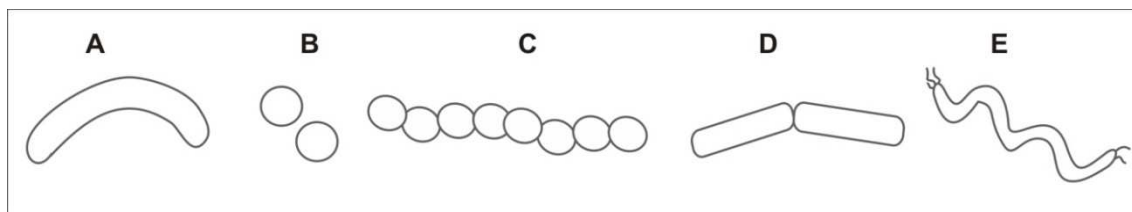
Tamanho/ pâncton	Fentoplâncton 0,02 - 0,2 µm	Picoplâncton 0,2 - 2 µm	Nanoplâncton 2 - 20 µm	Microplâncton 20 - 200 µm	Mesoplâncton 0,2 - 20 mm	Macroplâncton 2 - 20 cm	Megaplâncton 20 - 200 cm
Virioplâncton	■						
Bacterioplâncton		■	■				
Micoplâncton			■	■			
Fitoplâncton		■	■	■	■	■	
Zooplâncton			■	■	■	■	■

Fonte: Modificado de Sieburth et al. (1978) e Lalli; Parsons (1997).

a) *Virioplâncton*: que compreende a grande diversidade de vírus aquáticos. É o grupo mais abundante destes ambientes, atingindo uma densidade de até 1×10^8 vírus.mL⁻¹. (LALLI; PARSONS, 1997). Este grupo exerce papel fundamental no controle das populações de bactérias e de fitoplâncton, pois utiliza as células vivas para replicar o seu material genético, conseqüentemente destruindo as células hospedeiras. Desta forma, desempenham um papel fundamental nos processos de ciclagem de nutrientes dos ecossistemas aquáticos. (Furhman, 1999).

b) *Bacterioplâncton*: está representado por organismos diminutos procariontes unicelulares autótrofos e heterotrófos, denominados bactérias, que podem estar livres na coluna d'água ou aderidos a uma superfície viva (organismos) ou amorfa, apresentando grande abundância no ambiente aquático (até 1×10^6 bactérias.mL⁻¹). (LALLI; PARSONS, 1997) (Figura 3).

Figura 3 – Alguns exemplos de bactérias marinhas classificadas de acordo com a sua forma: **A**: vibrião; **B**: coco; **C**: estreptococo; **D**: bacilo; **E**: espirilo

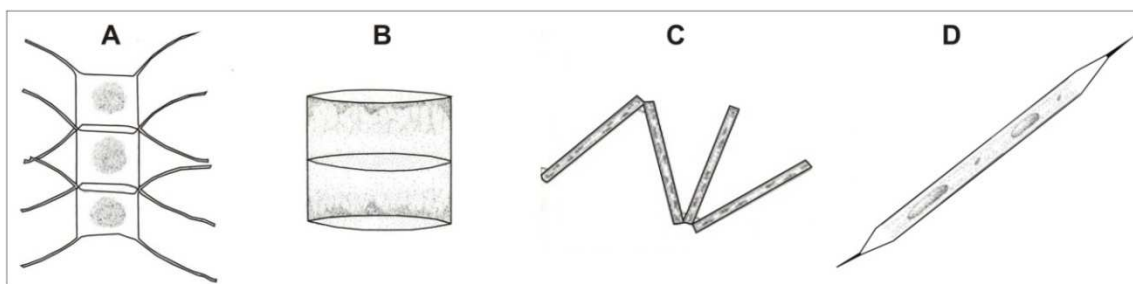


c) *Micoplâncton*: engloba fungos filamentosos e leveduras livres presentes na coluna d'água, assim como aqueles associados a partículas planctônicas e ao fitoplâncton. São organismos importantes no processo de decomposição, pois se

alimentam de Matéria Orgânica (MO) morta; no entanto, algumas espécies vivem como parasitas dentro ou sobre outras espécies planctônicas. (BONECKER et al., 2009; MORALES, 2012).

d) *Fitoplâncton*: é conhecido pela sua habilidade de produzir seu próprio alimento por meio da fotossíntese, sendo representado, desta forma, por organismos unicelulares autotróficos. Para obter energia, o fitoplâncton utiliza a luz solar, dióxido de carbono (CO₂) e nutrientes presentes na água. De primeira importância são os fosfatos e os nitratos somados a uma proporção variável de outros elementos menores ou de menor importância relativa. (SMITH, 1977; BONECKER et al., 2009; JOHNSON; ALLEN, 2012) (Figura 4).

Figura 4 – Alguns exemplos de organismos pertencentes ao fitoplâncton (Classe Bacillariophyceae): **A:** *Chaetoceros*; **B:** *Coscinodiscus*; **C:** *Thalassiosira*; **D:** *Pseudo-nitzschia*

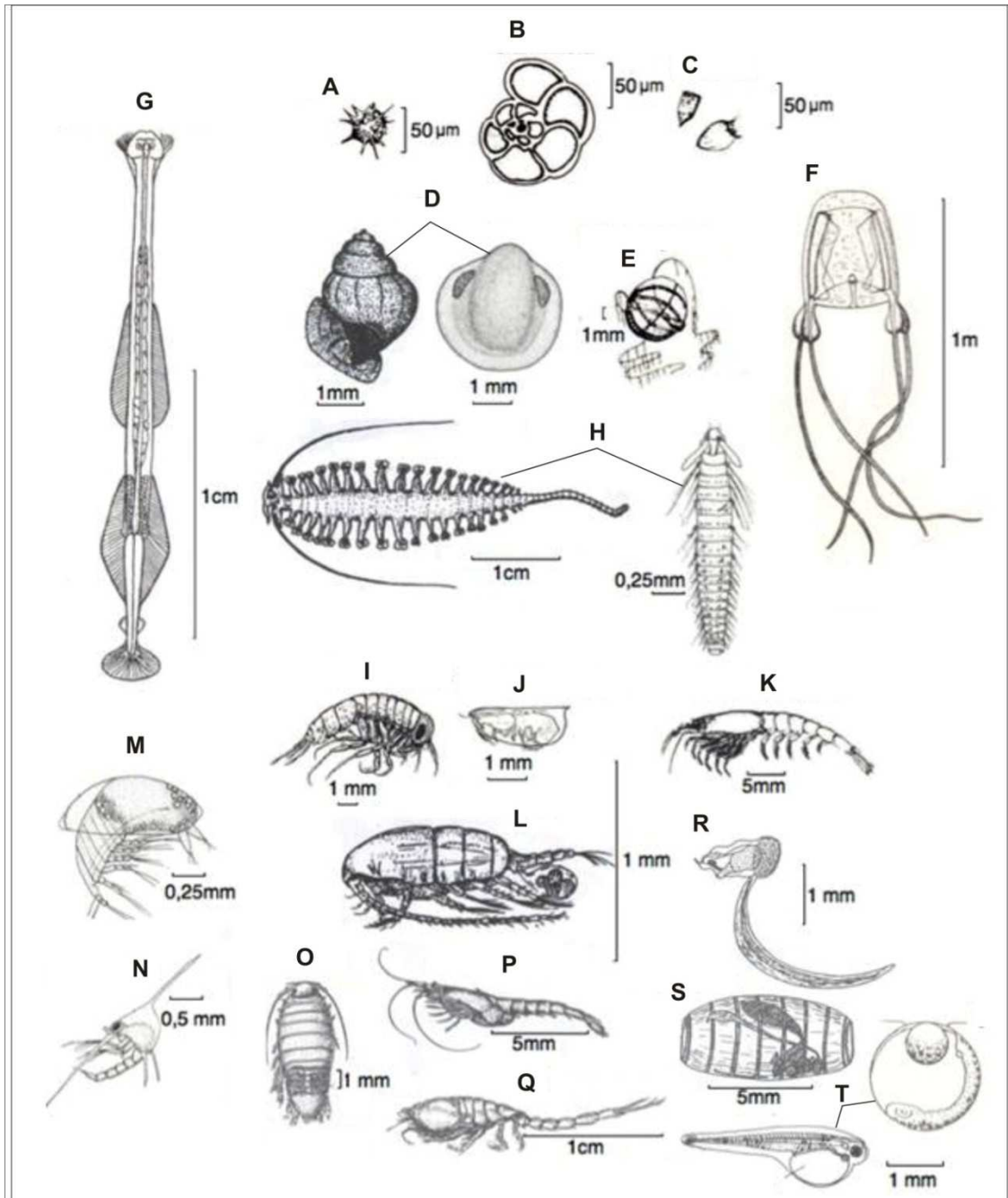


Fonte: Modificado de Johnson & Allen, 2012.

e) *Zooplâncton*: pode ser definido como a comunidade de todos os organismos fagotróficos; compreende tanto organismos unicelulares quanto pluricelulares heterotróficos denominados protozoários e metazoários, respectivamente. A maioria dos seus representantes possui apenas poucos milímetros de tamanho; no entanto, alguns cnidários podem chegar a medir alguns metros (Figura 5). Embora eles estejam à mercê das correntes oceânicas, muitos organismos zooplânctônicos são capazes de nadar. (JOHNSON; ALLEN, 2012). Além disso, a maioria dos filos animais conhecidos, do maior ao menor, possui representantes no zooplâncton. (SMITH, 1977; BRUSCA; BRUSCA, 2007).

Entre seus representantes podemos destacar protistas heterótrofos e mixotróficos e alguns representantes invertebrados pertencentes aos filos Cnidaria, Ctenophora, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Chaetognatha, bem como membros do filo Chordata (Figura 5).

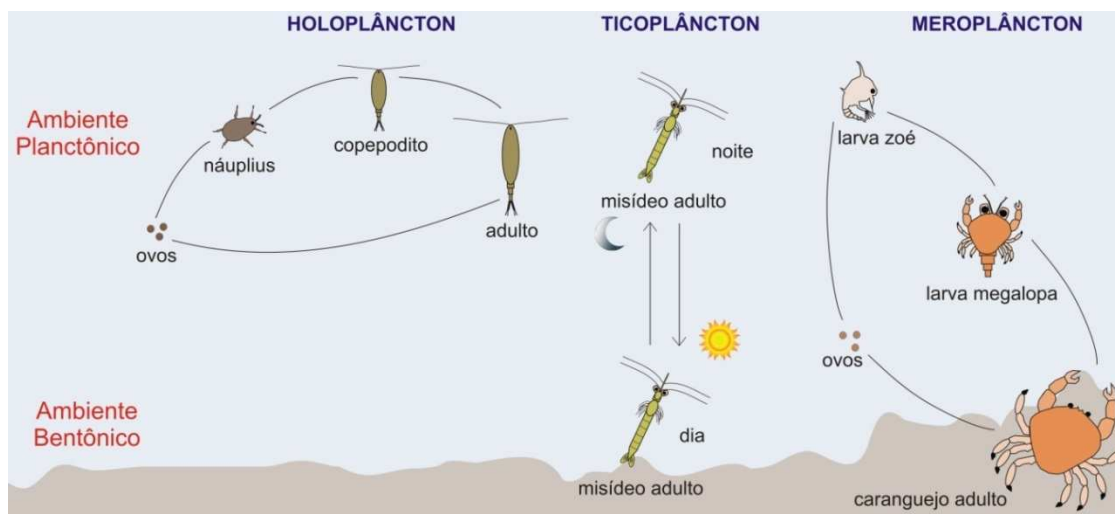
Figura 5 – Organismos zooplantônicos: **A:** Radiolaria; **B:** Foraminifera; **C:** Ciliata; **D:** Mollusca; **E:** Ctenophora; **F:** Cnidaria; **G:** Chaetognath; **H:** Polychaeta, **I:** Amphipoda; **J:** Ostracoda; **K:** Euphausiacea; **L:** Copepoda; **M:** Cirripedia; **N:** Decapoda; **O:** Isopoda; **P:** Misida; **Q:** Cumacea; **R:** Appendicularia (Larvacea); **S:** Doliolida; **T:** Chordata



Fonte: Modificado de Fraser (1962); com figuras de Parsons et al. (1984) e Lalli e Parsons (1997).

O zooplâncton é classificado de diversas formas, sendo as mais utilizadas: em relação ao tamanho (Figura 1) e ao tempo de permanência na coluna d'água. (LALI; PARSONS, 1997; LENZ, 2000) (Figura 6).

Figura 6 – Classificação do zooplâncton em relação ao tempo de permanência no ambiente planctônico



Fonte: Modificado de Lalli e Parsons (1997).

Com relação ao tempo de permanência na coluna d'água, termos como **holoplâncton**, **meroplâncton** e **ticoplâncton** são empregados. O holoplâncton está representado por organismos zooplanctônicos, que passam todo o seu ciclo de vida na coluna d'água, como parte do plâncton (como, por exemplo, os eufausiáceos, copépodos calanoidas e apendiculárias; veja Figura 5K, L e R). O meroplâncton, por sua vez, representa os animais que possuem parte do seu ciclo de vida no plâncton e parte no ambiente bentônico (como os caranguejos) (Figura 5N) ou no nectônico (como alguns peixes) (Figura 5T). Já o ticoplâncton compreende organismos com hábitos bentônicos e ocasionalmente planctônicos ou vice-versa, alternando de ambiente diariamente (como os misídeos) (Figura 5P) de forma passiva (ressuspensão causada por ondas e correntes) ou ativa (através do nado). (JOHNSON; ALLEN, 2012).

O zooplâncton é extremamente diverso, e como já ressaltado anteriormente, engloba representantes de quase todos os filós do reino animal. De acordo com Omori e Ikeda (1992), Lenz (2000) e Ruppert et al. (2005), existem cerca de 40.000 espécies compondo o zooplâncton (Tabela 1), sendo que destas ~27 % são holoplanctônicas e ~73 % meroplanctônicas. Estes são valores aproximados, pois além do número total de espécies ainda não ter sido estimado, estes valores não incluem os organismos ticoplanctônicos. Thorson (1964) sugere que existem cerca de 140.000 espécies

bentônicas e que cerca de 80% destas espécies possui um tipo de estágio larval planctônico, o que acarretaria, pelo menos, 90.000 espécies de organismos meroplanctônicos.

Quadro 1 – Número estimado de espécies de organismos holo e meroplanctônicos

Categoria	Filos	Grupos	Holo	Mero	Número de espécies
Protozooplâncton	Protozoa	Flagelados	X		~ 600
		Ciliados	X		~ 1000
		Foraminíferos	X		30 – 40
		Radiolários	X		~ 4500
Metazooplâncton	Cnidaria	Hydromedusas	X	X	~ 500
		Sifonóforos	X		140 – 150
		Sifomedusas	X	X	220 – 250
		Ctenóforos	X		14 – 80
	Nemertinea	Nemertíneos	X		~ 97
	Annelida	Poliquetas	X	X	~ 3100
	Mollusca	Heterópodos	X		18 – 30
		Pterópodos	X		97 – 100
		Cefalópodos	X	X	~ 500
		Larvas Véliger	X	X	~ 10000
	Crustacea	Cladóceros	X		~ 30
		Ostrácodos	X	X	~ 350
		Copépodos	X		1400 – 2210
		Cirripédios		X	~ 800
		Misidáceos	X	X	100 – 600
		Anfípodos	X		~ 300
		Stomatópodos			~ 300
		Isopodas		X	~ >1
		Eufausiáceos	X	X	~85
		Decápodos	X	X	6170 – 6200
Phoronida		Foronídeos		X	~ 10
Bryozoa		Briozoários		X	~ 4000
Chaetognatha		Quetognatos	X		50 – 70
Equinodermata	Equinodermas		X	~2000	
Chordata	Appendiculária	X		~70	
	Taliáceos			45 – 65	
	Ascídias	X	X	~ >1	
	Peixes	X	X	~ 3000	

Fonte: Segundo Barnes (1990), Omori e Ikeda (1992) e Lenz (2000).

A fase inicial de desenvolvimento de uma espécie, justamente por estar à deriva das correntes oceânicas, permitindo a dispersão, representa um papel crucial para evitar mortalidades em massa de um grupo de indivíduos de uma mesma geração (coorte), causada por grandes perturbações no ambiente marinho, potencializando a colonização de novos nichos inexplorados, bem como a troca genética entre populações. Desta forma, algumas vezes o desenvolvimento larval pode ocorrer a uma distância considerável do hábitat do adulto. (BONECKER et al., 2009; JOHNSON; ALLEN, 2012).

Existem muitos fatores que determinam a distribuição do zooplâncton marinho. A temperatura da água e a salinidade, primariamente, definem padrões geográficos de distribuição, relacionada à latitude, e as massas de água. Já a profundidade, a velocidade da corrente, a energia das ondas e a turbidez afetam mais a distribuição local destes organismos. (JOHNSON; ALLEN, 2012).

Devido a isso, o zooplâncton é considerado um excelente bioindicador de mudanças físicas (correntes oceânicas), químicas (poluição ambiental) e climáticas (aquecimento global). Entretanto, a sua maior importância está relacionada ao seu papel ecológico na cadeia alimentar.

Os estuários e as áreas costeiras estão entre os ambientes marinhos mais produtivos do mundo, sendo a troca de energia, massa, e nutrientes entre os habitats bentônico e planctônico, um processo de extrema importância. (GRIFFITHS et al., 2017). Este fluxo vertical, de duas vias, é denominado acoplamento bentos-pelágial e o zooplâncton atua de diferentes formas. A produção de larvas meroplânctônicas e seu posterior assentamento no ambiente bentônico, migrações verticais e movimentação do fitoplâncton na coluna d'água, bem como o afundamento da Matéria Orgânica (MO) proveniente de pelotas fecais produzidas no ambiente planctônico chegarão ao fundo por afundamento. (SCHNACK-SCHIEL; ISLA, 2005).

Em virtude da sua abundância e biomassa, o zooplâncton atua também como principal elo de ligação entre a produção primária do fitoplâncton e os níveis tróficos superiores (zooplâncton, peixes planctívoros, peixes piscívoros, mamíferos marinhos). Na via clássica da cadeia trófica marinha, a produtividade do fitoplâncton é direcionada aos demais níveis por meio de seu consumo pelo zooplâncton herbívoro (exemplo: copépodos) e estes por sua vez são consumidos por seus predadores, até que esta energia chegue ao topo da cadeia trófica.

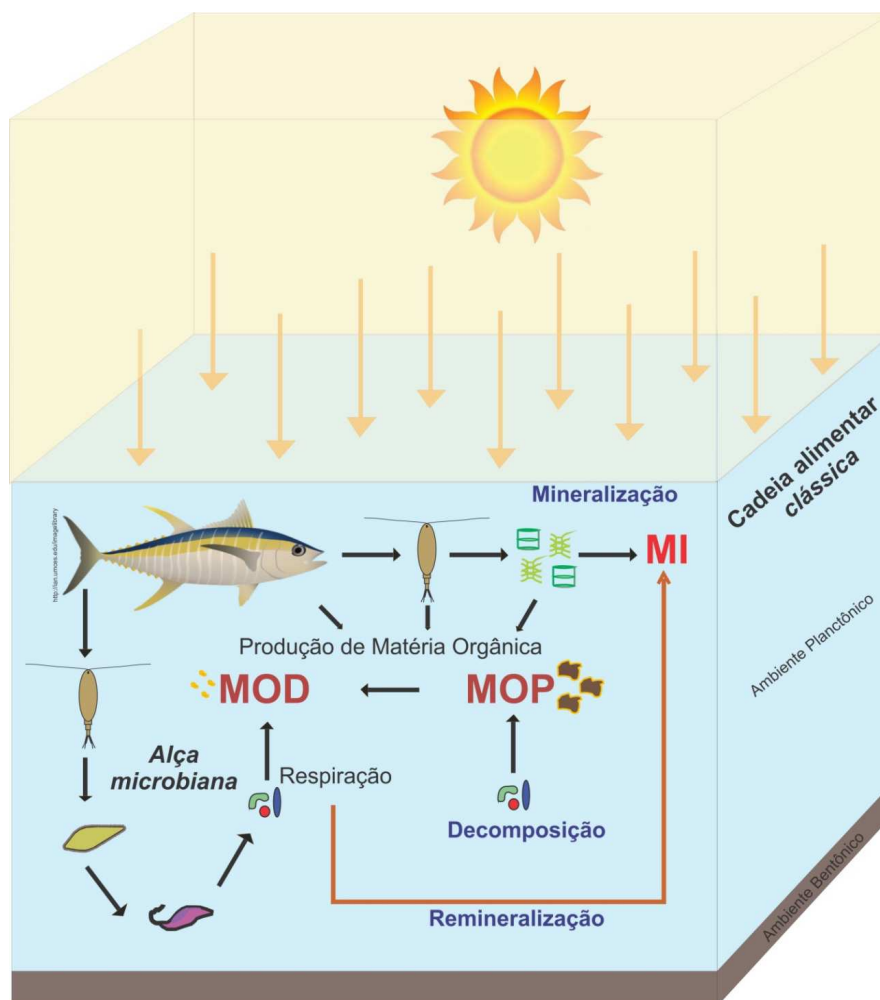
Durante as últimas décadas, houve um incremento nos esforços de pesquisas que, em conjunto com modernas técnicas, mudaram a compreensão da ecologia de ambientes aquáticos, surgindo o conceito da *alça microbiana*, que postula que a Matéria Orgânica Dissolvida (MOD) se torna disponível aos demais níveis tróficos, através da absorção do Carbono Orgânico Dissolvido (COD) pelas bactérias livres. (AZAM et al., 1983).

O mais interessante é que esta MOD somente pode ser consumida diretamente por poucos organismos, incluindo comunidade de bacteriana heterotrófica. Desta forma, se não existisse a alça microbiana, este carbono seria perdido. Neste processo, a biomassa bacterioplânctônica é extremamente importante. (ABREU; ODEBRECHT, 1998).

Todos os organismos marinhos, tais como peixes, zooplâncton e fitoplâncton liberam MO para o ambiente, sendo a sua forma dissolvida a mais abundante. Esta MOD não pode ser incorporada diretamente por estes organismos. No entanto, a ação

das bactérias permite que este carbono volte à cadeia trófica. O bacterioplâncton incorpora este COD como nutriente, convertendo por meio de sua respiração a MOD em Matéria Inorgânica (MI), reduzindo compostos complexos em moléculas mais simples, em um processo denominado remineralização, as quais serão utilizadas pelo fitoplâncton (mineralização). (AZAM et al., 1983). Desta forma, o fitoplâncton é consumido pelo zooplâncton e estes pelos peixes ou outros predadores, os quais fazem parte da cadeia alimentar clássica. Já a alça microbiana é uma via alternativa para que este COD chegue aos níveis tróficos superiores, através da predação das bactérias, após a incorporação do COD, pelos flagelados e estes por ciliados (protozoários heterotróficos), retornando à cadeia trófica convencional por meio da predação dos ciliados por outros membros do zooplâncton (como copépodos) (Figura 7).

Figura 7 – Esquema representando a cadeia trófica marinha clássica e a alça microbiana, com ênfase nos processos de mineralização, remineralização e decomposição



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tanto o Carbono Orgânico Particulado (**COP**), composto por detritos e organismos mortos, quanto o COD suportam a comunidade bacteriana, com densidades superiores 10 milhões de bactérias por mililitro e estas suportam a teia alimentar planctônica. Desta forma, toda a dinâmica planctônica é influenciada pelos controles de baixo para cima (*bottom-up*), dependente da disponibilidade de nutrientes e de cima para baixo (*top-down*), dependente do consumo dos predadores sobre suas presas. (JOHNSON; ALLEN, 2012). Imagine que qualquer população de organismos deve ser controlada para que não ultrapasse a capacidade de suporte do ambiente (recursos disponíveis). Desta forma, tanto o predador, quanto a presa (alimento) podem desempenhar este papel, evitando que uma população atinja uma densidade de organismos muito alta, consumindo muitas presas e, como consequência, desencadear oscilações tróficas em cascata, sendo que os predadores podem então controlar não só o nível trófico imediatamente abaixo, mas sim toda a comunidade e mesmo a disponibilidade de nutrientes no ecossistema. (CARPENTER et al., 1985).

Em relação ao COP, agentes físicos e biológicos (fungos e bactérias aderidos a uma superfície) desintegram gradualmente a MO morta. Este processo é denominado decomposição, que é dividida em quatro etapas: (i) detrito, (ii) Matéria Orgânica Particulada (**MOP**), (iii) MOD e (iv) húmus, em que micro-organismos atuam, absorvendo nutrientes. No entanto, é necessário um comportamento multicelular, que se reflete em atividades coordenadas de interação e comunicação dos vários organismos, formando um agregado, os quais são sistemas biológicos altamente organizados, nos quais as bactérias estabelecem comunidades funcionais estruturadas e coordenadas. (CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JUNIOR, 2009).

A MO em processo de decantação nos oceanos é denominada neve marinha e, quando não incorporada diretamente pela cadeia trófica, pode ser composta por uma variedade de detritos amorfos, organismos mortos, pelotas fecais (*fecal pellets*), micro-organismos, fitoplâncton e zooplâncton, os quais formam um agregado. (BIDDANDA, 1986; TURNER, 2002). Estes agregados são necessários para manter o ecossistema pelágico e bentônico profundos (TURNER, 2002), além de minimizar os efeitos do aquecimento global do planeta (PASSOW; CARLSON, 2012) e representar um nicho ecológico com diversas interações entre organismos. (BIDDANDA, 1986).

Um agregado é considerado um ambiente próspero à colonização microbiológica, apresentando diferentes nichos ecológicos gerados pela respiração de bactérias aeróbias na sua periferia, a qual cria condições anóxicas (sem O₂) no centro da partícula, permitindo a existência de bactérias anaeróbias. (GREEN-SAXENA et al., 2014).

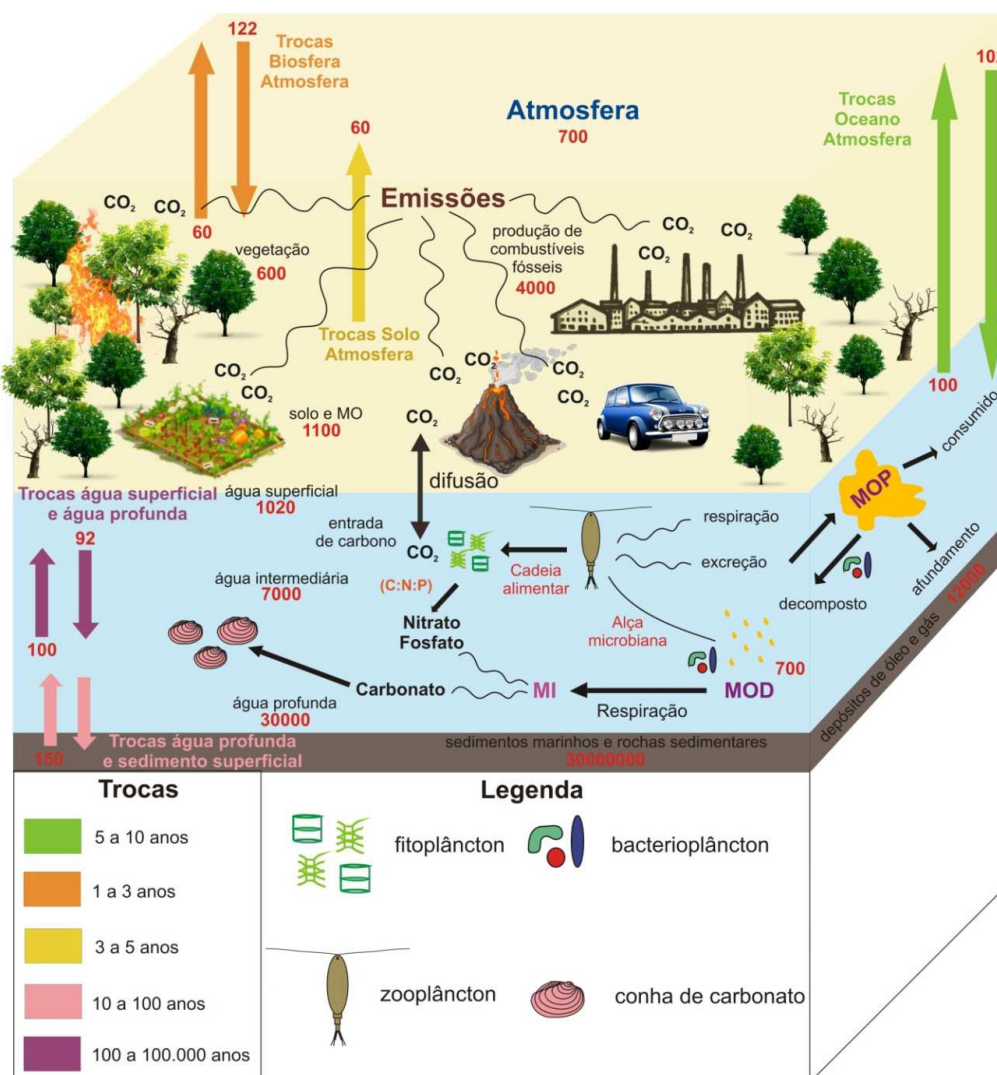
A neve marinha é o principal mecanismo pelo qual uma parte do carbono fixado fotossinteticamente é transportado para as águas mais profundas do mar, em um

processo que pode auxiliar na diminuição das implicações causadas pelo efeito estufa. (RIEBESELL et al., 2007).

Muitas regiões vêm sofrendo alterações climáticas. (SMETACEK; NICOL, 2005). Estas mudanças estão sendo aceleradas por ação antrópica, através da liberação de gases para a atmosfera. (RAMANATHAN; COAKLEY, 1978). Dentre os gases do efeito estufa, o dióxido de carbono (CO_2) é sem dúvida o mais importante na atmosfera, pois ele está relacionado com o balanço de calor na Terra, assim como com o equilíbrio de Carbonato de cálcio (CaCO_3) nos oceanos. Para se entender o impacto do homem no aumento de dióxido de carbono na atmosfera, é necessário compreender como funciona o ciclo do carbono.

Existem grandes reservatórios de carbono: a biosfera (~650 Gt, gigatoneladas), a atmosfera (~700 Gt), a geosfera (~1.600 Gt), a hidrosfera (~40.000 Gt), os depósitos de combustíveis fósseis (12.000 Gt) e os depósitos de rochas carbonáticas e calcáreas (30.000.000 Gt), que estão constantemente realizando trocas entre si (Figura 8).

Figura 8 – O ciclo do Carbono, com reservas e trocas entre reservatórios. Valores em bilhões de toneladas (Gt) de Carbono

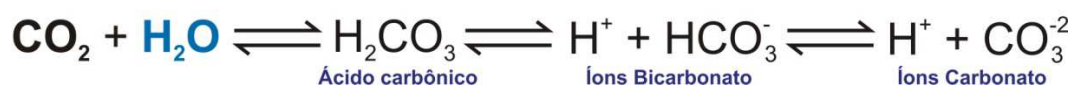


Fonte: V.O Agostini. Acervo da autora.

Dentre estes, os oceanos constituem um dos principais agentes na reciclagem e estocagem de carbono, pois cobrem 71 % da superfície da Terra e armazenam 50 vezes mais carbono que a atmosfera, estando diretamente envolvidos com as mudanças climáticas (PACHECO; HELENE, 1990).

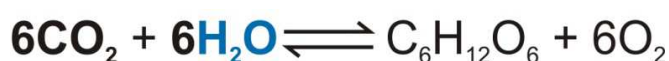
O dióxido de carbono da atmosfera estabelece uma situação de equilíbrio com a superfície dos oceanos (100 metros) segundo a Lei de Henry. Parte do dióxido de carbono fica dissolvida enquanto o restante ou é utilizado por organismos ou se combina com a água para a formação de ácido carbônico e posteriormente ionizados em carbonato e especialmente em bicarbonato (Equação 1), contribuindo para o pH alcalino dos oceanos. (SANDER, 1999).

Equação 1:



Quando o CO₂ dissolvido é utilizado para a fotossíntese (Equação 2) o balanço da equação 1 (Equação 1) desloca-se para a esquerda e quando CO₂ é liberado pela respiração, a equação (Equação 1) desloca-se para a direita (Sander, 1999).

Equação 2:



Desta forma, os oceanos ciclam o carbono de três formas diferentes, ou seja, através de processos químicos, físicos e biológicos.

Dentre os processos físicos podemos citar a movimentação de carbono dissolvido nas massas de água de um local para outro. A quantidade de CO₂ dissolvido na água depende da temperatura, sendo que quanto mais fria a água mais CO₂ ela pode conter; logo, a circulação das massas de água e fenômenos de divergência e convergência desempenham um papel importante na disponibilização ou retirada de CO₂. Quando a água fria nos polos afunda, ela carrega consigo o CO₂ dissolvido, indisponibiliza-o para a atmosfera. Muito tempo depois, quando a circulação trouxer esta massa de água novamente para a superfície, ela liberará este carbono. Este processo permite aos oceanos armazenarem grandes quantidades de carbono por séculos. (LALLI; PARSONS, 1997).

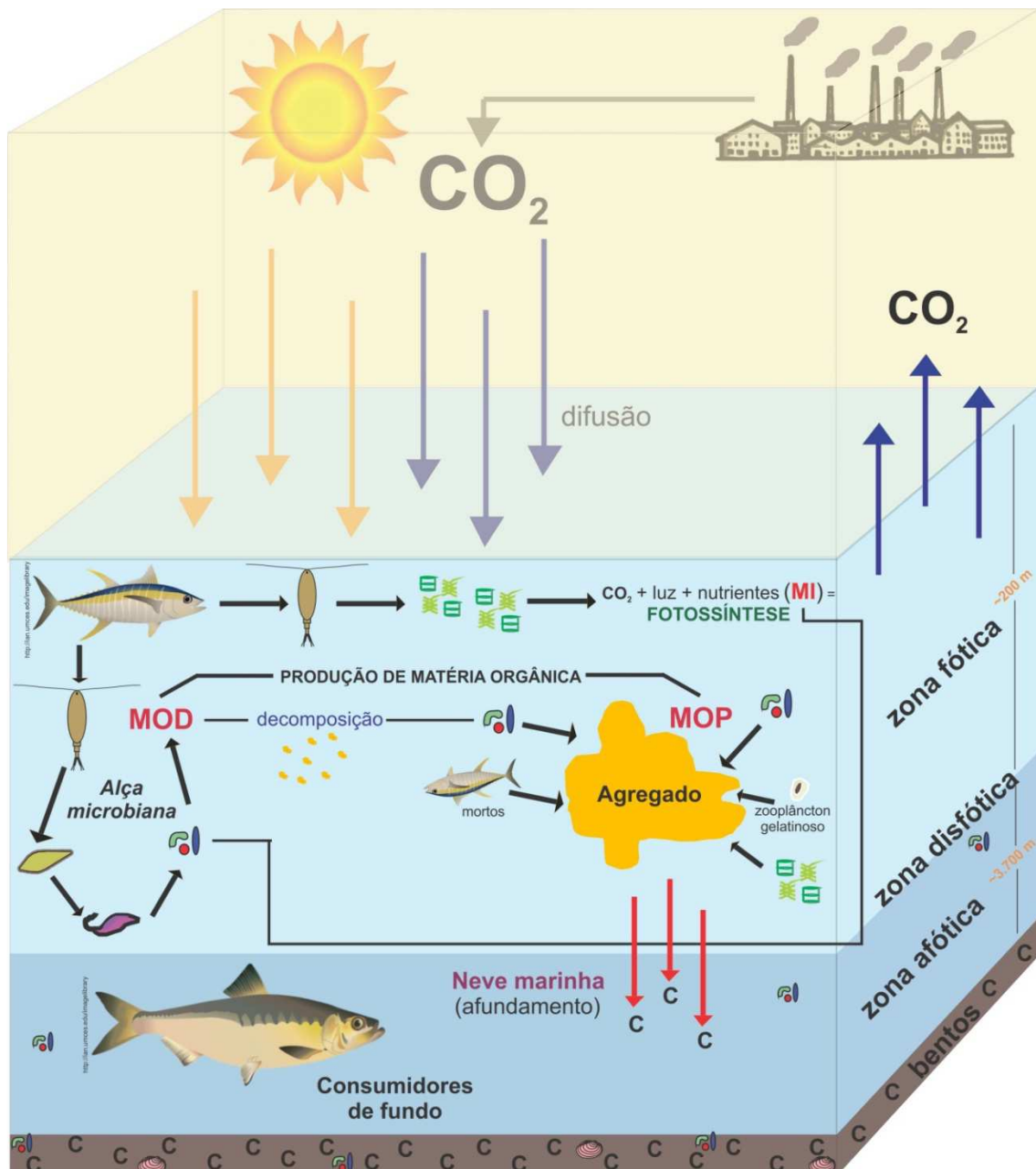
Os processos químicos são responsáveis pela transformação do carbono nas diferentes formas moleculares, como vistas na Equação 1. Nas condições atuais de pH, o bicarbonato (HCO₃⁻) é a forma mais abundante de CO₂ nos oceanos (91%), seguido por carbonatos (8%) e CO₂ dissolvido. Entretanto variações de temperatura, salinidade e pressão podem alterar estas proporções. (LALLI; PARSONS, 1997; SANDERS, 1999).

Os processos biológicos incluem a respiração, produção e mineralização de matéria orgânica e material esquelético de carbonato de cálcio (CaCO₃). Se este material permanecer próximo à superfície, ele será reciclado e continuará disponível para a atmosfera.

Entretanto sempre algum material, seja na forma de células fitoplanctônicas intactas, seja em restos animais como pelotas fecais, carcaças, mudas, esqueletos e conchas, se deposita no fundo sem ter sido completamente remineralizado (Figura 8),

formando depósitos de combustíveis fósseis (12.000 GtC), e carbonáticos e calcários (30.000.000 GtC) que podem permanecer inacessíveis por 100 ou 100.000 anos, respectivamente. (TRS, 2005).

Figura 9 – Esquema representando o processo de bombeamento biológico, com ênfase na formação dos agregados microbianos e no transporte de Carbono (C), para o fundo dos oceanos por meio da neve marinha



Fonte: Elaborada pelos autores.

Este processo de deposição de carbono para águas profundas ou sedimento por processo biológicos é chamada de Bombeamento Biológico (Figura 9). Qualquer fator que possa interferir nos processos que controlam este bombeamento terá consequências imediatas no sequestro de CO₂ da atmosfera. (LALLI; PARSONS, 1997).

Através da exploração de combustíveis fósseis, depósitos calcários para fabricação de cimento assim como o uso da terra para a agricultura com consequente desflorestamento, a atividade antropogênica está tornando disponível para a atmosfera dióxido de carbono (CO₂), que estava indisponível em depósitos geológicos. Essa atividade causou o aumento de CO₂ da atmosfera de 280 ppm encontrados no começo da era industrial, para valores superiores a 380 ppm. Valores desta magnitude não têm precedentes nos últimos 650.000 anos. Aproximadamente metade do dióxido de carbono (CO₂) liberado pela atividade antropogênica neste período (estimada em > 500 bilhões de toneladas) foi absorvida pelos oceanos. (TRS, 2005).

Sendo assim, o plâncton de uma forma geral é um componente vital para o funcionamento dos processos químicos, biológicos e ecológicos naturais dos oceanos, os quais influenciarão diretamente nos processos terrestres, bem como é um componente eficiente para a minimização dos efeitos antropogênicos, nos ciclos biogeoquímicos e no aquecimento global. O zooplâncton, por sua vez, por estar representado por protozoários e diferentes filos animais, com uma ampla faixa de tamanho está envolvido em todos os processos acima citados de diferentes maneiras, exercendo um papel fundamental para a vida na Terra.

5. Atividades

- 1) Liste 10 invertebrados comumente encontrados nas praias brasileiras e classifique-os de acordo com o seu tempo de permanência no plâncton: holo, mero ou ticoplâncton. Dentre as três classificações, qual foi a que apresentou mais representante? Por quê?
- 2) Qual a importância dos zooplâncton na cadeia trófica marinha?
- 3) Como o plâncton pode auxiliar na minimização dos efeitos do aquecimento global?

6. Respostas

1) A resposta vai depender do conhecimento de cada aluno, mas espera-se que listem caranguejos, anêmonas-do-mar, cracas, águas vivas, ou seja, a maioria representante de meroplânctônicos.

2) Os organismos zooplânctônicos desempenham papéis fundamentais na cadeia trófica marinha. São responsáveis por manter as populações de fitoplâncton equilibradas, através do controle de cima para baixo na cadeia alimentar clássica, transferindo a energia dos produtores primários para os demais níveis tróficos. Além disso, estes organismos são o elo que liga a MOD absorvida pelas bactérias e os níveis tróficos superiores na alça microbiana. Os flagelados controlam a população de bactérias, os quais são controlados pelos ciliados e estes pelos metazoários, tais como os copépodos, sendo estes por fim predados por peixes. Sem o zooplâncton, a MO não seria incorporada pelos organismos do topo da cadeia trófica e marinha.

3) Através do seu papel, nos processos de ciclagem de nutrientes, principalmente relacionado ao seu papel no ciclo do carbono, neve marinha e bombeamento biológico, há a transferência de carbono da superfície para o fundo dos oceanos.

Referências

ABREU, P. C.; ODEBRECHT, C. Bactérias e protozooplâncton. In: SEELIGER U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. (Ed.) *Os ecossistemas costeiro e marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande: Ecoscientia, 1998. p. 36-39.

AZAM, F. et al. The Ecological Role of Water-Column Microbes in the Sea. *Marine Ecology Progress, Series*, n. 10, p. 257-263, 1983. doi: 10.3354/meps010257.

BIDDANDA, B.A. Structure and function of marine microbial aggregates. *Oceanologica Acta*, n. 9, p. 209-211, 1986.

BONECKER, A.C.T.; BONECKER, S.L.C.; BASSANI, C. Plâncton marinho. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). *Biologia Marinha*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 213-240.

BRUSCA, R.C.; BRUSCA, G. J. *Invertebrados*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2007.

CARPENTER, S. R.; KITHCELL, J.F.; HODSON, J. R. Cascading Trophic Interactions and Lake Productivity: Fish predation and herbivory can regulate lake ecosystems. *BioScience*, n. 35, p. 634-639, 1985.

CUNHA-SANTINO, M.B.; BIANCHINI JUNIOR, I. Humificação e mineralização de macrófitas aquáticas: uma revisão sobre esses processos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 4, p. 665-676, 2009.

FRASER, J.H. *Nature adrift: the story of marine plankton*. London: G.T. Foulis & CO. LTD., 1962.

FURHMAN, J.A. Marine viroses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature*, n. 6, p. 51-63, 1999. doi:10.1038/21119, 1999.

GREEN-SAXENA, A. et al. Nitrate-based niche differentiation by distinct sulfate-reducing bacteria involved in the anaerobic oxidation of methane. *ISME Journal*, v. 8, n. 1, p. 150-163, 2014.

GRIFFITHS, J. R. Et al. The importance of benthic-pelagic coupling for marine ecosystem functioning in a changing world. *Global Change Biology*, 2017. doi: 10.1111/gcb.13642, 2017.

MORALES, A. El Plancton. *Revista Digital Nova*. 2012. Disponível em:
<http://www.revistanova.org/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=73>. 2012.

HAECKEL, E. *Planktonic studies: a comparative investigation of the importance and constitution of the pelagic fauna and flora*. Washington: Commnr Fish., 1893.

JOHNSON, W.S.; ALLEN, D.M. *Zooplankton of the Atlantic and gulf coasts: a guide to their identification and ecology*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2012.

LALLI, C.M.; PARSONS, T. R. *Biological oceanography: an introduction*. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1997.

LENZ, J. Introduction. In: HARRIS, R.P. et al. (Ed.) *ICES Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press, 2000. p. 1-32.

OMORI, M.; IKEDA, T. *Methods in Marine Plankton Ecology*. Malabar, FL: Krieger Publishing Co., 1992.

PACHECO, M.R.P.S.; HELENE, M. E.M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. *Estudos Avançados*, v. 4, n. 9, p. 204-220, 1990.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y.; LALLI, C.M. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Oxford: Pergamon Press, 1984.

PASSOW, U.; CARLSON, C.A. The biological pump in a high CO₂ world. *Marine Ecology Progress Series*, n. 470, p. 249-271, 2012. doi:10.3354/meps09985, 2012.

RAMANATHAN, V.; COAKLEY, J. Climate modeling through radiative-convective models. *Reviews of Geophysics*, n. 16, p.465-689, 1978. doi: 10.1029/rg016i004p00465, 1978.

RIEBESELL, U. et al. Enhanced biological carbon consumption in a high CO₂ ocean. *Nature*, n. 450, p. 545-548, 2007. doi:10.1038/nature06267, 2007.

RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES, R.D. *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

SANDER, R. *Compilation of Henry's law constants for inorganic and organic species of potential importance in environmental chemistry*. 1999. Disponível em: <<http://www.henryslaw.org/henry-3.0.pdf>>.

SCHNACK-SCHIEL, S.B.; ISLA, E. The role of zooplankton in the pelagic-benthic coupling of the Southern Ocean. *Scientia Marina*, n. 69(Suppl. 2), p. 39-55, 2005.

SIEBURTH, J.; SMETACEK, V.; LENZ, J. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, n. 23, p.1256-1263, 1978.

SMETACEK, V.; NICOL, S. Polar ocean ecosystems in a changing world. *Nature*, n. 437, p. 362-368, 2005. doi:10.1038/nature04161, 2005.

SMITH, D. L. *A guide to marine coastal plankton and Marine Invertebrate Larvae*. Kendall: Hunt Publishing Company, 1977.

THE ROYAL Society (TRS). *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide*. London: The Clyvedon Press, 2005.

THORSON, G. Light as an ecological factor in the dispersal and settlement of larvae of marine bottom invertebrates. *Ophelia*, n. 1, p. 167-208, 1964.

TURNER, J.T. Zooplankton fecal pellets, marine snow and sinking phytoplankton blooms. *Aquatic Microbial Ecology*, n. 27, p. 57-102, 2002. doi:10.3354/ame027057, 2002.

Capítulo 6

Invertebrados associados a substratos consolidados

Vanessa Ochi Agostini, Matias do Nascimento Ritter, Erik Muxagata, Carla Penna Ozorio

1. Objetivo: estabelecer conceitos ecológicos acerca dos invertebrados de substratos consolidados, suas características, adaptações e interações entre estes e os demais compartimentos da comunidade.

2. Conteúdo: Ciências da Natureza

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

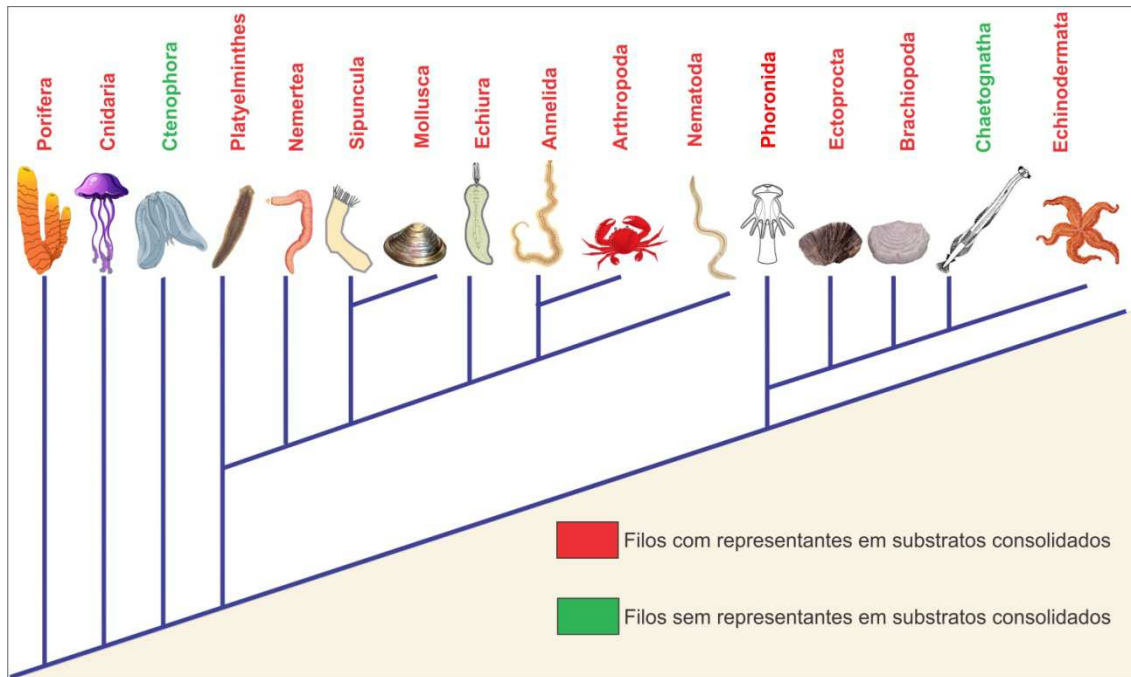
4. Referencial teórico

Os invertebrados são animais caracterizados pela ausência de uma coluna vertebral e representam aproximadamente 97% de toda fauna do planeta. (CASTRO; HUBER, 2012). Compreendem entre 30 e 35 filos, dependendo da classificação adotada, dentre os quais 16 são exclusivamente de ambientes marinhos, oito predominantemente marinhos e sete com representantes marinhos. (MIGOTTO; MARQUES, 2003).

No ecossistema marinho, a maioria dos invertebrados passa toda a vida, ou parte dela, em contato com o substrato, ou seja, no ambiente bentônico, integrando o zoobentos. Todavia, o tipo de substrato – não consolidado (como exemplo: lama e areia) ou consolidado (como exemplo: rochas e calcário) – é um dos principais fatores que determinam a estruturação da comunidade de invertebrados marinhos. (LALLI; PARSONS, 1997).

Apesar das praias arenosas constituírem um dos ambientes mais extensos da costa brasileira, os substratos bentônico-costeiros e consolidados estão entre os ambientes mais produtivos do planeta, pois representam locais de alimentação, crescimento e reprodução de muitas espécies vegetais e animais, principalmente de invertebrados, muitos com importância econômica. (LALLI; PARSONS, 1997). A Figura 1 apresenta as relações filogenéticas dos principais filos de invertebrados com representantes no ambiente marinho, associados ou não com substratos consolidados.

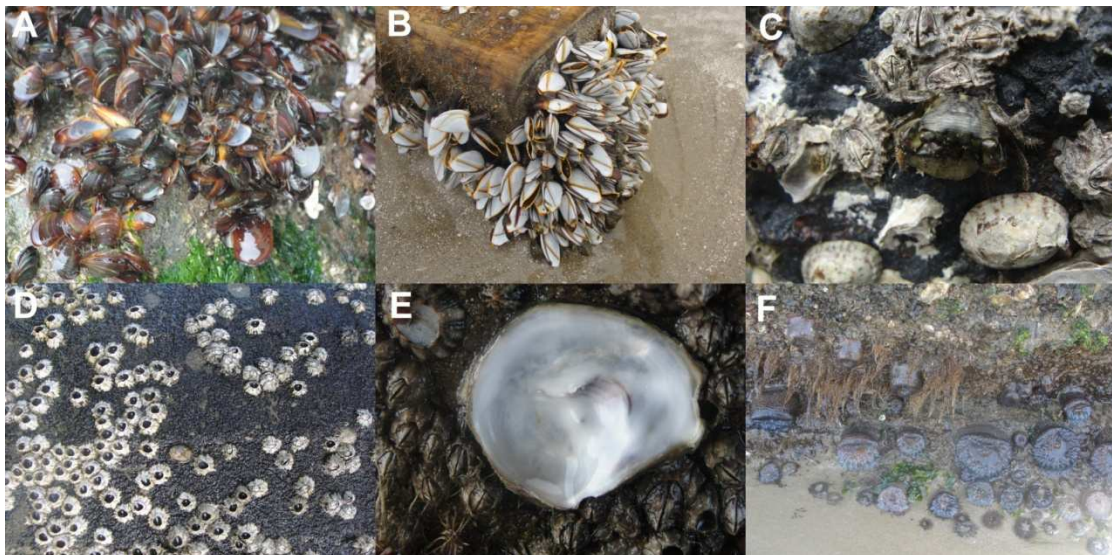
Figura 1 – Relações filogenéticas entre os principais filos de invertebrados associados a substratos consolidados



Fonte: Adaptado de Castro e Huber (2012).

Muitos substratos são suscetíveis à colonização destes invertebrados, dentre eles, a madeira, presente em manguezais e trapiches; o metal, presente em embarcações e plataformas de petróleo; o concreto, em plataformas de pesca; o basalto, encontrado em costões rochosos e utilizado para construção de quebra-mares e até mesmo pedaços de outros materiais, como borracha, plástico, bambu encontrados à deriva. (AGOSTINI, 2011). (Figura 2).

Figura 2 – Fotografias de invertebrados associados a substratos consolidados. **A.** Mexilhões (costão rochoso de Torres – RS). **B.** Lepas (madeira flutuante no Cassino – RS). **C.** Caranguejo e gastrópodes (costão rochoso de Torres – RS). **D.** Cracas (molhes da barra de Imbé-Tramandaí – RS). **E.** Ostras (navio encalhado Altair no Cassino – RS). **F.** Anêmonas-do-mar (navio encalhado Altair no Cassino – RS)



Fonte: Elaborada pelos autores.

No entanto, para que a comunidade de invertebrados se estabeleça sobre as superfícies consolidadas, é necessário que uma sucessão de diversos processos ecológicos ocorra, envolvendo especialmente adaptações morfológicas e fisiológicas dos organismos, bem como interações interespecíficas, principalmente durante a sucessão ecológica. O resultado deste fenômeno é a sobrevivência de várias espécies de invertebrados até a idade reprodutiva, que produzirão larvas, as quais darão continuidade às populações, fazendo a manutenção da comunidade em questão.

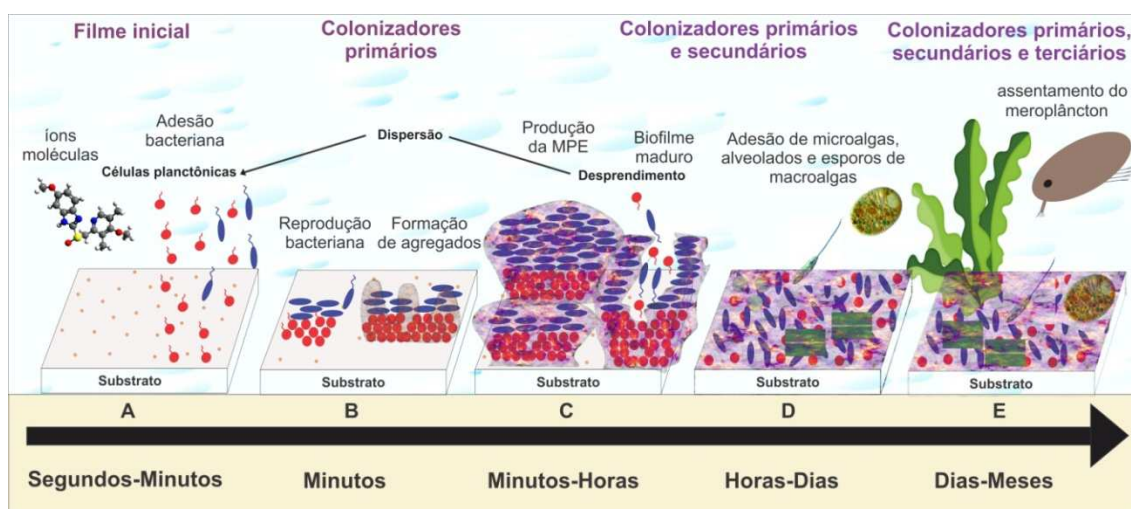
Desta forma, quando um substrato é inserido na água, ocorre quase instantaneamente a formação de uma película inicial, ocasionada pela deposição de íons inorgânicos e pela adsorção de moléculas orgânicas, disponibilizando nutrientes que favorecem a colonização de organismos procariontes, conhecidos como bactérias. (BEECH et al., 2005). As bactérias se aderem ao substrato por fibras e formam uma matriz de material polimérico extracelular (**MPE**) (QUAID; MILLER, 2010), aumentando a sua densidade e complexidade estrutural em poucas horas. (DONLAN, 2002). Este processo de acumulação química e de micro-organismos pioneiros, no substrato sólido, é conhecido como biofilme microbiano.

Estas bactérias estão dispostas sistematicamente dentro da MPE e são reguladas por uma série de genes que resulta na formação, multiplicação e dispersão do biofilme maduro. A presença da matriz, composta por biomoléculas e por água, permite que a

comunidade no seu interior seja capaz de aperfeiçoar suas funções, bem como regular diversas atividades metabólicas a seu favor e superar condições ambientais adversas. (FLEMMING; WINGENDER, 2010; VASUDEVAN, 2014).

Posteriormente à adesão de bactérias no substrato e ao desenvolvimento do biofilme primário, organismos eucariontes, tais como microalgas, protozoários e esporos de macroalgas começam a aderir-se à superfície submersa, seguidos pela colonização por larvas de invertebrados meroplânctônicos incrustantes (fixos, sem nenhuma mobilidade), sedentários (baixa mobilidade) e vágéis (alta mobilidade), acarretando sobreposição dos chamados colonizadores primários, secundários e terciários. (ABARZUA; JAKUBOWSKI, 1995). (Figura 3).

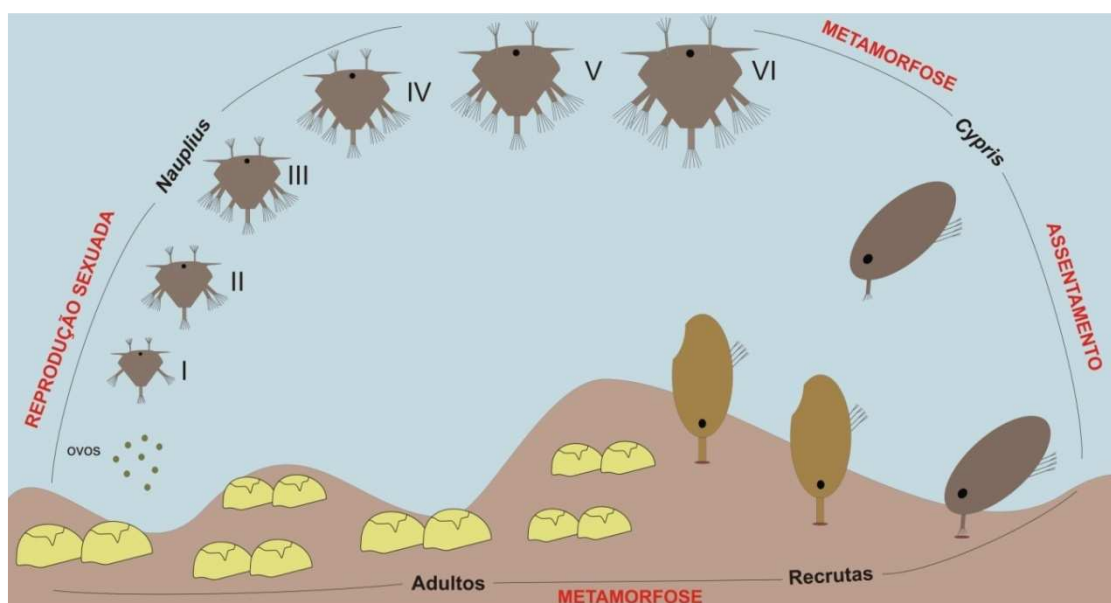
Figura 3 – Processo de colonização do substrato consolidado em meio marinho. **A.** Acumulação química e adesão bacteriana. **B.** Reprodução bacteriana e formação de agregados. **C.** Produção da Matriz Polimérica Extracelular (MPE). **D.** Adesão de microalgas, protozoários e esporos de macroalgas; **E:** assentamento do meroplâncton



Fonte: Adaptado de Martín-Rodríguez et al. (2015).

A maioria dos invertebrados que habitam o ambiente bentônico possui um ciclo de vida meroplânctônico – passam parte da vida como larvas, à deriva nas correntes oceânicas, e parte como juvenis e adultos, no ambiente bentônico (LÓPEZ; COUTINHO, 2008) – o qual envolve uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas e comportamentais chamadas de metamorfose. (THORSON, 1950; YOUNG, 2002). (Figura 4).

Figura 4 – Modelo de estabelecimento dos organismos com ciclo de vida meroplancônico no substrato, sendo ilustrado como exemplo as cracas: Crustacea, Cirripedia



Fonte: Elaborada pelos autores.

O acúmulo destes colonizadores, durante a sucessão ecológica, associados direta (organismos fixos ou com locomoção reduzida) ou indiretamente (organismos móveis) a estruturas no ambiente aquático é conhecida como bioincrustação, ou *biofouling* em inglês (SCHEER, 1945) e contribui para a diversidade e produtividade biológica local. No entanto, este fenômeno também representa um grave problema econômico, devido, principalmente, aos danos que os invertebrados incrustados acarretam às embarcações (como, por exemplo, o aumento de peso e diminuição da fluviabilidade) e a outras estruturas oceânicas, como plataformas e tubulações (maximização do desgaste pela erosão, entupimento, perda de resistência). (MESSANO et al., 2008; GAMA et al., 2009). A Figura 5 apresenta alguns problemas causados pela colonização de organismos em substratos consolidado-artificiais, ou seja, de origem antrópica.

Figura 5 – Fotografias apresentando alterações estéticas e aumento de peso em estruturas oceânicas antrópicas causados pela colonização de organismos nos substratos consolidados artificiais. **A.** Pilar da Plataforma de Pesca de Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil (Foto: Agostini, 2011). **B.** Mangote da monoboia de oleoduto da empresa Transpetro (Petrobrás S.A.) de Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil (AGOSTINI, 2011).



Fonte: Acervo dos autores.

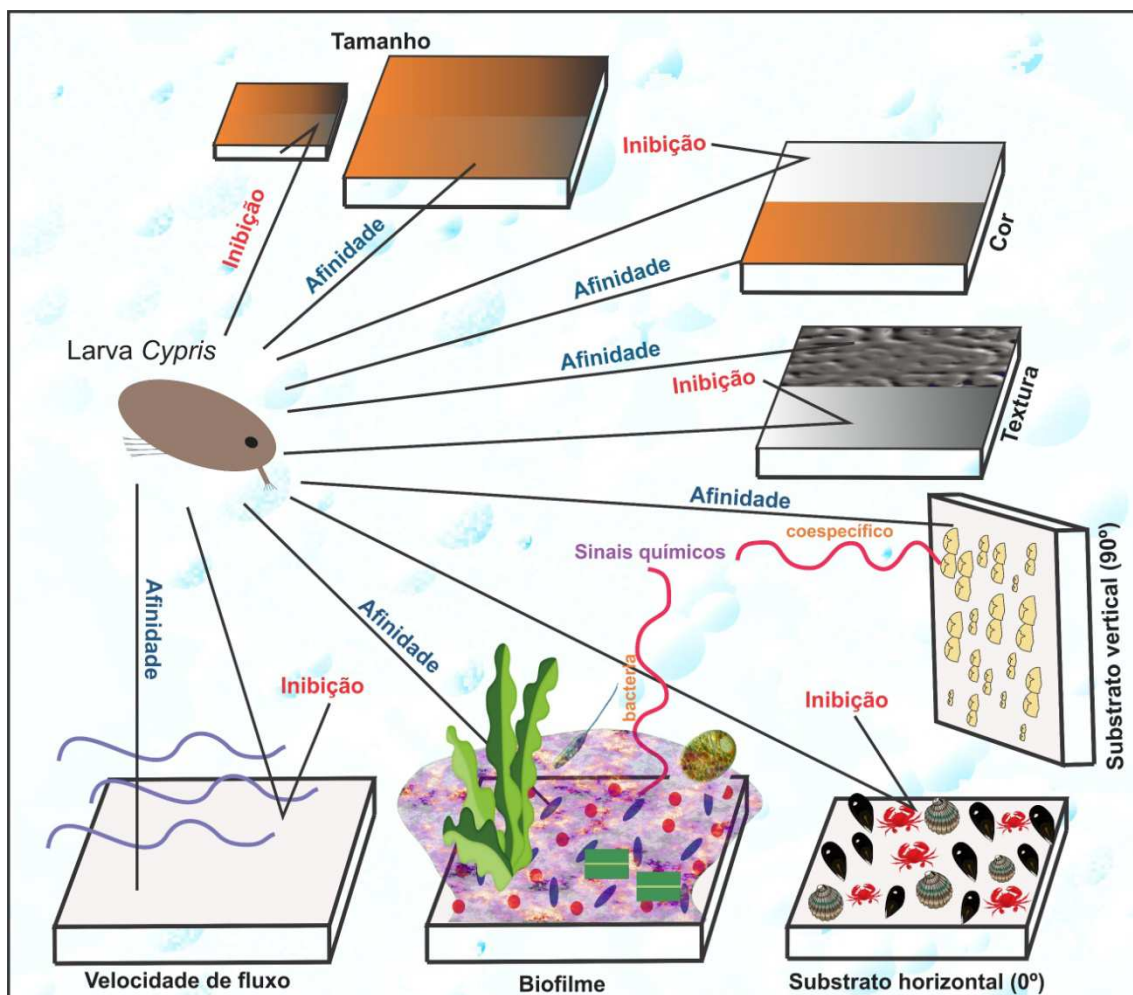
No entanto, mesmo com muitos estudos na área, com o intuito de diminuir estes problemas, os fatores que condicionam o assentamento de larvas de invertebrados no substrato ainda não estão bem elucidados.

Alguns autores atribuem à capacidade de desenvolvimento da comunidade de substratos consolidados à qualidade fisiológica da larva (disponibilidade de alimento, conteúdo energético, competência, adaptações fisiológicas, potencial larval) (TOONEN; PAWLIK, 2001; JARRET, 2003), enquanto outros ao comportamento frente a estímulos/características específicos(as) provenientes do substrato. (HILLS; THOMASON, 1999; SOMSUEB et al., 2000; TODD, 2003; AZEVEDO et al., 2006; DOBRETSOV et al., 2013). Desta forma, o organismo reagiria de forma positiva (afinidade) ou negativa (inibição) a uma ou mais situações expostas acima (Figura 6).

Dentre estes estímulos estariam o fluxo d'água, permitindo ou não a ancoragem na superfície, bem como a natureza, a textura, a cor, o tamanho e a orientação do

substrato. Por exemplo, foi observado por Somsueb et al. (2000) que as cracas têm preferência por superfícies com orientação vertical (90°), enquanto ostras, mexilhões e a fauna vágil predominam nas mais horizontais (45°). Além disso, segundo Azevedo et al. (2006), as superfícies com texturas ásperas seriam mais atrativas ao assentamento de invertebrados. Ainda, os estímulos emitidos por interações ecológicas, tais como sinais químicos provenientes da comunidade já estabelecida, presença de biofilme microbiano, presença de coespecífico seriam fatores decisivos para a colonização do substrato, durante a sucessão ecológica (Figura 6).

Figura 6 – Comportamento de uma larva meroplancônica incrustante (no exemplo, um cirripédio) frente a estímulos



Fonte: Elaborada pelos autores.

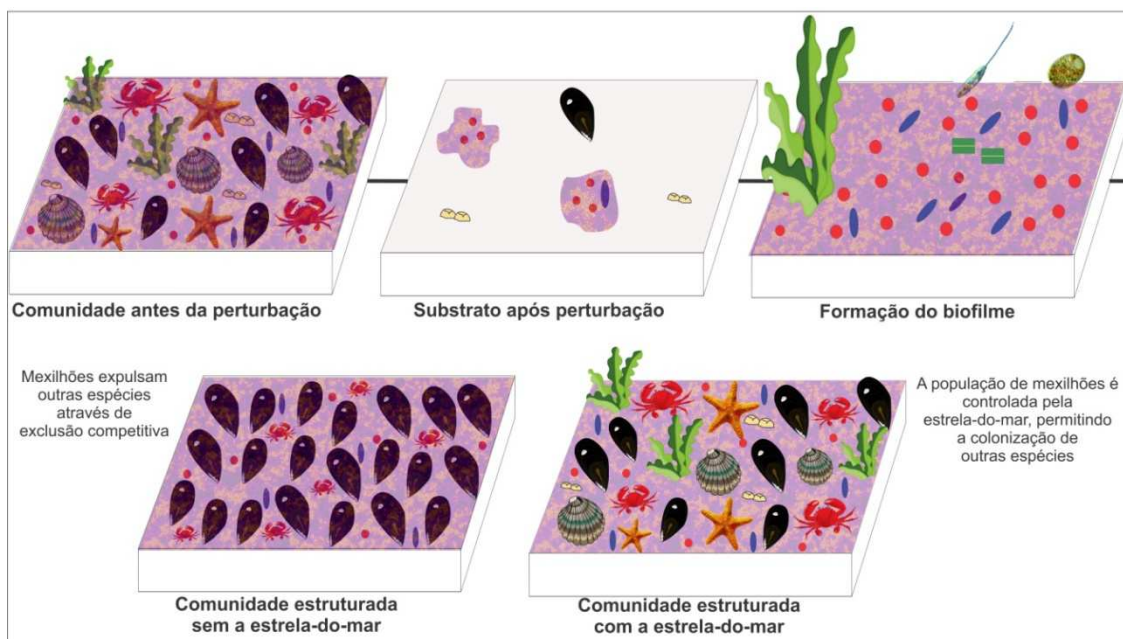
Os processos ecológicos que ocorrem durante a fase larval são chamados de processos pré-assentamento, os quais alteram o suprimento de larvas na coluna d'água. (FRASCETTI et al., 2003). Já os que ocorrem após o estabelecimento definitivo no substrato, ou seja, até o indivíduo ser considerado um recruta, são conhecidos como processos pós-assentamento. (LÓPEZ; COUTINHO, 2008).

Já o recrutamento representa o ingresso, na comunidade bentônica, dos indivíduos que sobreviveram e atingiram um tamanho específico, após o assentamento, mas sem ter chegado à fase adulta (recrutas). (CALEY et al., 1996).

Nesta etapa do processo, segundo Speidel et al. (2001) e López e Coutinho (2008), as interações ecológicas e as perturbações são importantes fatores reguladores, pois modificam a diversidade da comunidade, a estrutura das populações e a disponibilidade de recursos, o que resulta em perda de biomassa, favorecendo a sucessão ecológica. Sobre a superfície, a comunidade vive em constante transformação, devido a influências bióticas e abióticas, variando a sua composição específica. (SEED, 1969).

Sem as perturbações, os melhores competidores podem assumir todo o substrato, e muitas espécies podem ser excluídas do ambiente. Os mexilhões, por exemplo, são ótimos competidores em costões rochosos. No entanto, com a ação das ondas e com a predação pelas estrelas-do-mar sua população fica sob controle, permitindo que outras espécies se desenvolvam no mesmo local. (CASTRO; HUBER, 2012). Neste caso, a estrela-do-mar atua como uma **espécie-chave**, garantindo a diversidade e equitabilidade da comunidade e a perturbação ocasionada pela ação das ondas se torna útil para a liberação de espaço no substrato. Por outro lado, se a predação e as perturbações ocorrerem com muita frequência, a comunidade nunca terá a chance de se estruturar. (Figura 7).

Figura 7 – Sucessão ecológica da comunidade de substratos consolidados, após uma perturbação



Fonte: Adaptado de Coutinho Zalmon (2009).

Assim como os processos de colonização no substrato consolidado, a distribuição espacial dos organismos, por exemplo, em um costão rochoso, também é determinada por um conjunto de fatores, tanto abióticos, relacionados ao meio físico, como bióticos, relacionado aos organismos e suas interações.

Dentre os fatores abióticos, podem ser elencados: a dinâmica das marés, a incidência das ondas, o estabelecimento de faixas de emersão/dessecação, bem como a temperatura, a salinidade, a orientação do substrato, a heterogeneidade topográfica e a radiação solar. Quanto aos fatores bióticos, destacam-se a competição, a predação e o recrutamento. (HELMUTH, 1998; KROHLING et al., 2006; BUMBEER, 2010; RIBEIRO, 2010). No caso específico das marés, a sua variação na região costeira promove ciclos de emersão/imersão ao longo do tempo, exigindo adaptações dos organismos à exposição do ar e à consequente perda de água. (COUTINHO; ZALMON, 2009).

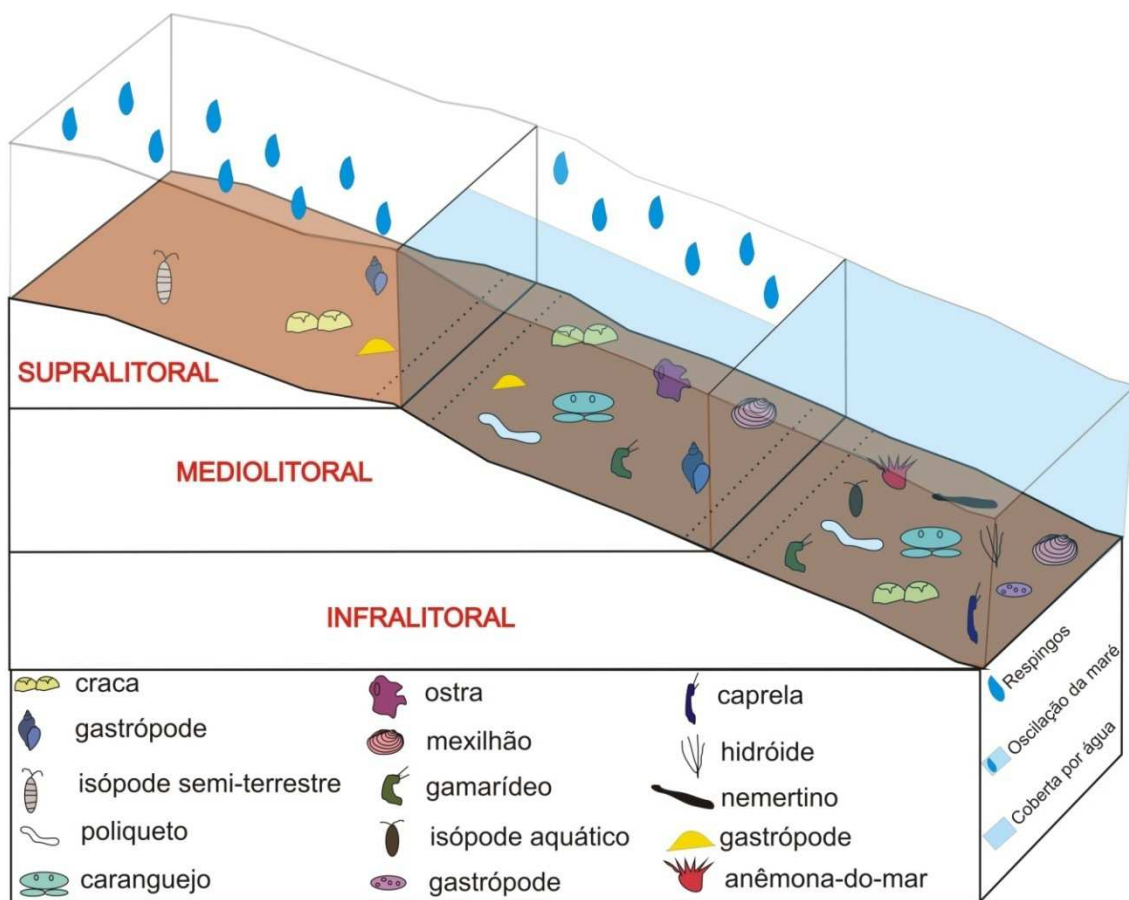
Desta forma, de acordo com sua capacidade fisiológica, as espécies que compõem a comunidade incrustante respondem de forma diferenciada a estes fatores, produzindo padrões espaciais conhecidos por de zonação. (COUTINHO; ZALMON, 2009; AGOSTINI, 2011).

Conforme Ribeiro (2010), existem três zonas principais, predominando, em cada uma, espécies com maior sucesso de sobrevivência nas condições ambientais vigentes. São elas: (i) **supralitoral**: zona acima da água permanentemente exposta ao ar, mas

afetada por respingos e, em marés de tempestades, por pequenas poças d'água. É influenciada principalmente por fatores abióticos, como temperatura e radiação solar; (ii) **mediolitoral**: zona com períodos alternados de emersão ou imersão, pois está submetida ao regime de marés, sendo o seu limite superior a maré mais alta e o inferior, a maré mais baixa, sendo poças frequentes na maré baixa; (iii) **infralitoral**: zona abaixo do limite da maré mais baixa, portanto está sempre totalmente submersa (Coutinho & Zalmon, 2009). Entre essas zonas existem faixas de transição, as quais permitem a sobreposição de espécies de zonas diferentes.

A Figura 8 apresenta a distribuição dos grupos de invertebrados em um costão rochoso, lembrando que, em um mesmo grupo (craca, gastrópode, bivalve, isópode), existem várias espécies que o estão representando, as quais não necessariamente ocupam a mesma zona.

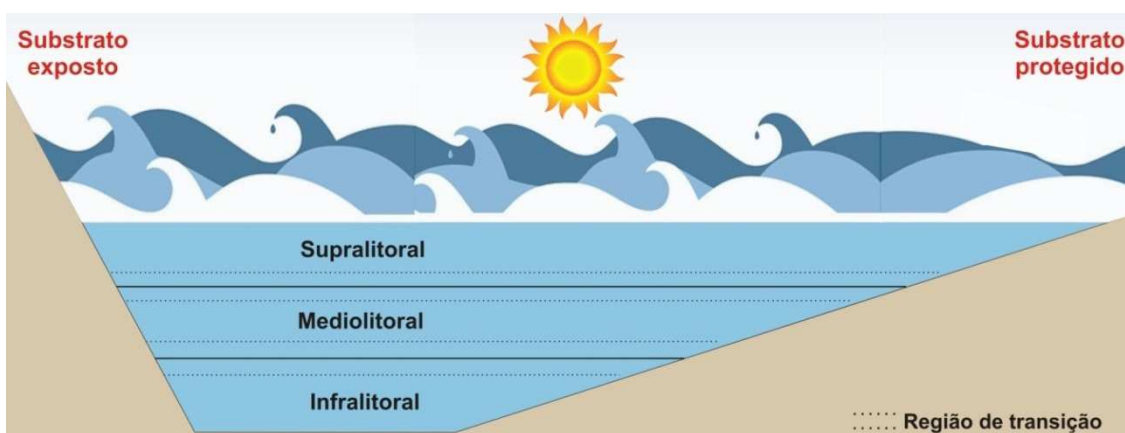
Figura 8 – Representação qualitativa da zonação espacial do costão rochoso da praia do Meio em Torres, Rio Grande do Sul, Brasil. As linhas tracejadas representam os estratos de transição onde há sobreposição entre as zonas



Fonte: Adaptado de Agostini (2011).

O substrato consolidado pode ser ainda classificado como **protegido**, quando localizado em regiões de baixo hidrodinamismo, como as baías e as enseadas, ou com superfícies menos inclinadas e descontínuas, isto é, com bastante fragmentação; ou pode ser **exposto**, recebendo o impacto das ondas de praias abertas com superfícies mais íngremes e com pouca fragmentação, representado geralmente por paredões lisos e verticais. (BREHAUT, 1982) (Figura 9).

Figura 9 – Representação da zonação espacial em um substrato consolidado-exposto e um protegido



Fonte: Agostini (2011).

Muitas são as estratégias exibidas pelas espécies para enfrentar a grande variabilidade temporal e espacial nas condições bióticas e abióticas, no substrato consolidado. Um exemplo é a cimentação do organismo no substrato, como é o caso dos cirripédios e das ostras, que além de manter a aderência do animal, mesmo em condições de hidrodinâmica elevada, garante a permanência na competição interespecífica.

O uso de fendas ou reentrâncias, como refúgio de condições adversas, também é bastante comum. Outras estratégias demandam alteração da forma, do tamanho, da consistência corporal, e também mudanças comportamentais, bem como associação com outros organismos (AGOSTINI, 2011), sendo esta última não somente um mecanismo para proteger-se da ação das ondas ou da dessecação, mas também para resolver o problema da limitação eventual de espaço (Figura 10).

Figura 10 – Fotografia apresentando associações biológicas entre espécies de invertebrados de substratos consolidados. Associação do tipo basebionte (craca) – epibionte (anêmonas-do-mar, briozoários e bivalve) registrada na monoboia de oleoduto MN-602 da empresa Transpetro (Petrobrás S.A.) de Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil



Fonte: Agostini (2011).

Os invertebrados de substratos consolidados são um grupo extremamente diverso e de importância ecológica, fornecendo alimento para aves, peixes e tartarugas-marinhas. No entanto, estes ecossistemas estão em risco. Costões rochosos, por exemplo, vêm sofrendo ameaças, tais como poluição orgânica e industrial, sedimentação em áreas portuárias, pisoteio, colonização por espécies exóticas e mudanças climáticas. (COUTINHO; ZALMON, 2009). Desta forma, por sua grande produtividade, diversidade de organismos e vulnerabilidade aos impactos ambientais, a comunidade associada a substratos consolidados deve ser protegida, através de projetos de manejo que visem a minimização destes impactos e garantam a sua perpetuação no tempo.

5. Atividade

1) Realização de visita ao costão rochoso de Torres, Rio Grande do Sul (ou outro local que possua substratos consolidados naturais ou artificiais), pelos alunos sob orientação do professor, com o intuito de observar a comunidade de invertebrados estabelecida no substrato consolidado, dando ênfase à distribuição diferenciada das espécies ao longo do gradiente ambiental, isto é, nas zonas supralitoral, mediolitoral e infralitoral, bem como

a comparação entre comunidades presentes em superfícies duras, com diferentes graus de inclinação e substratos inconsolidados adjacentes.

2) Em um estudo sobre os efeitos da variabilidade temporal do regime de distúrbios da comunidade incrustante em dois locais na baía do Chile (CIFUENTES et al., 2007), foram aplicados distúrbios (perturbações) mecânicos com diferentes intervalos de tempo, mas de mesma frequência, durante cinco meses em um dos locais, enquanto no outro, não houve perturbação. No final do estudo, as duas comunidades apresentariam alguma diferença em relação à sua composição inicial? Se, sim, quais e por quê? É possível afirmar que as perturbações podem aumentar a diversidade da comunidade?

3) No Rio de Janeiro, pesquisadores (MASI; ZALMON, 2008) compararam a comunidade incrustante na zona entremarés em dois locais com características hidrodinâmicas distintas, devido à orientação dos substratos presentes: Farol de São Tomé (Pier), possuindo substratos praticamente planos (0° de inclinação) e Barra do Furado (Barra) apresentando substratos com uma inclinação de 90°. O que pode ser esperado quanto à exposição da comunidade incrustante em relação à ação das ondas, nos dois locais? Podemos afirmar que as comunidades de invertebrados dos dois locais seriam semelhantes? Por quê?

6. Respostas

1) O resultado vai depender das condições de maré, mas espera-se que os alunos consigam perceber a diferença de colonização de organismos nas diferentes zonas do costão rochoso. Será observar um maior número de espécies de organismos quanto mais próximo ao mar. Na zona menos exposta, os alunos poderão observar a espécie de Isopoda (*Ligia exotica*), conhecida popularmente como baratinha da praia; já na zona intermediária, a diversidade aumentará, sendo possível encontrar cirripédios e moluscos, enquanto que, na zona infralitoral, anêmonas-do-mar poderão ser observadas. Zonas expostas e protegidas apresentarão variação na comunidade e na largura de zonas. O substrato consolidado apresentará maior quantidade de organismos, se comparado à praia arenosa adjacente, pois, em substratos não consolidados, os organismos tendem a viver enterrados.

2) Sim, seria esperada uma diferença nas duas comunidades. Provavelmente na comunidade onde não houve perturbação, a espécie dominante continuaria ocupando a

maior parte do espaço disponível, reprimindo as demais e, por este motivo, a diversidade deveria ser inferior à observada no ambiente perturbado. Já na comunidade onde houve perturbação, haveria parcelas em diferentes estágios de sucessão, aumentando o número de espécies até que a comunidade seja estruturada pela competição. A comunidade pode ser beneficiada por uma perturbação natural, através da disponibilidade de nichos ecológicos para a colonização de larvas de diferentes espécies e o desenvolvimento da sucessão ecológica.

3) Não, pois a orientação da superfície do substrato, em relação ao fundo, influencia o estabelecimento das espécies. No ambiente vertical (90°), seria esperada a colonização dominante de cracas, enquanto no ambiente horizontal (0°) seria esperado o assentamento de larvas de ostras, mexilhões e espécies vágeis.

Referências

ABARZUA, S.; JAKUBOWSKI, S. Biotechnological investigation for the prevention of biofouling. I. Biofouling and biochemical principles for the prevention of biofouling. *Marine Ecology Progress Series*, n. 123, p. 301-312, 1995. doi:10.3354/meps123301, 1995.

AGOSTINI, V.O. *Levantamento dos macroinvertebrados de substratos consolidados naturais e artificiais do litoral norte, RS, Brasil e caracterização do processo de bioincrustação em substrato metálico sob condições marinhas costeiras subtropicais*. 2011. Monografia (TCC em Biologia Marinha) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, 2011.

AZEVEDO, F.B.B.; CARLONI, G.G.; CARVALHEIRA, L.V. Colonization of benthic organisms on different artificial substratum in Ilha Grande bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, n. 49, p. 263-275, 2006.

BEECH, I.B.; SUNNER, J.A.; HIRAOKA, K. Microbe-surface interactions in biofouling and biocorrosion processes. *International Microbiology*, v. 8, n. 3, p.157-168, 2005.

BREHAUT, R.N. *Ecology of rocky shores*. London: The Institute of Biology Studies, 1982.

BUMBEER, J.A. *Variabilidade sazonal na colonização de organismos epilíticos em relação à profundidade no infralitoral do estado do Paraná*. 2010. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, 2010.

CALEY, M.J. et al. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annual Review in Ecology and Systematics*, n. 27, p. 477-500, 1996. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.27.1.477, 1996.

CASTRO, P.; HUBER, M. E. *Biologia marinha*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

CIFUENTES, M. et al. Effects of temporal variability of disturbance on the succession in marine fouling communities in northern-central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n. 352, p. 280-294, 2007. doi:10.1016/j.jembe.2007.08.004, 2007.

COUTINHO, R.; ZALMON, I. R. O Bentos de costões rochosos. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). *Biologia marinha*. Rio Grande: Interciência, 2009. p. 299-318.

DOBRETSOV. S.; ABED, R.M.M.; VOOLSTRA C.R. The effect of surface colour on the formation of marine micro and macrofouling communities. *Biofouling*, n. 29, p. 6, 617-627, 2013.

DONLAN, R.M. Biofilms: microbial life on surfaces. *Emerging Infectious Diseases*, n. 8, p. 881-890, 2002.

FRASCHETTI, S. et al. Pre- and post-settlement events in benthic community dynamics. *Oceanologica Acta*, n. 25, p. 285-295, 2003.

FLEMMING, H.C.; WINGENDER, J. The biofilm matrix. *Nature Reviews Microbiology*, n. 8, p. 623-633, 2010.

GAMA, B.A.P.; PEREIRA, R.C.; COUTINHO, R. A bioincrustação marinha. In: PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (Org.). *Biologia marinha*. Rio Grande: Interciência, 2009. p. 299-318.

HELMUTH, B.S.T. Intertidal mussel microclimates: predicting the body temperature of a sessile invertebrate. *Ecological Monographs*, n. 68, p. 51-74, 1998.

HILLS, J.M.; THOMASON, J.C. The effect of scales of surface roughness on the settlement of barnacle (*Semibalanus balanoides*) cyprids. *Biofouling*, n. 12, p. 1-3, 57-69, 1998.

JARRET, J. N. Seasonal variation in larval condition and post-settlement performance of the barnacle. *Semibalanus balanoides*. *Ecology*, n. 84, p. 384-390, 2003. doi: 10.1890/0012-9658(2003)084[0384:SVILCA]2.0.CO;2, 2003.

KROHLING, W.; BROTTTO, D.S.; ZALMON, I. R. Functional role of fouling community on an artificial reef at the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, n. 54, p. 183-191, 2006.

LALLI, C.M.; PARSONS, T.R. *Biological Oceanography: An Introduction*. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1997.

LÓPEZ, M.S.; COUTINHO, R. Acoplamento Plâncto-Bentos: o papel do suprimento larval na estrutura das comunidades bentônicas de costões rochosos. *Oecologia Brasiliensis*, n. 12, p. 575-601, 2008.

MARTÍN-RODRÍGUEZ, A. J. et al. From broad-spectrum biocides to quorum sensing disruptors and mussel repellents: antifouling profile of alkyl triphenyl phosphonium salts. *PLoS ONE*, v. 10, n. 4, 2016: e0123652. doi:10.1371/journal.pone.012365, 2015.

MASI, B.P.; ZALMON, I.R. Zonação de comunidade bêntica do entremarés em molhes sob diferente hidrodinamismo na costa norte do estão do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, n. 25, p. 662-673, 2008.

MESSANO, L.V.R. et al. Biocorrosão marinha: interface entre a bioincrustação, processos eletroquímicos e ciência dos materiais. *Revista Pesqueira Naval*, n. 21, p. 32-43, 2008.

MIGOTTO, A. E.; MARQUES, A. C. *Invertebrados marinhos*. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria de Conservação da Biodiversidade. COBIO/MMA – GTB/CNPq – Nepam/Unicamp, 2003.

QUAID, C.D.M.; MILLER, K. Larval supply and dispersal. In: DÜRR, S.; THOMASON, J.C. (Org.). *Biofouling*. Wiley-Blackwell, 2010. p. 16-24.

RIBEIRO, H. L. *Padrões de estruturação das comunidades marinhas bentônicas de substrato consolidado do infralitoral – Praia de Fora à Ponta do Norte – Parque Estadual da Ilha Anchieta – Ubatuba, SP*. 2010. 205 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade de São Paulo, 2010.

SCHEER, B.T. The development of marine fouling communities. *Biological Bulletin*, n. 89, p. 103-112, 1945.

SEED, R. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. Breeding and settlement. *Oecologia*, n. 3, p. 271-316, 1969.

SOMSUEB, S.; OHNO, M.; LARGO, D.B. Colonization of fouling invertebrate community on suspended man-made structures of varying slope angles. *Bulletin of Marine Sciences and Fisheries*, n. 20, p. 45-50, 2000.

SPEIDEL, M.; HARLEY, C.D.; WONHAM, M.J. Recovery of the brown alga *Fucus gardneri* following a range of removal intensities. *Aquatic Botany*, n. 71, p. 273-280, 2001. doi:10.1016/S0304-3770(01)00191-7, 2001.

THORSON, G. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological Reviews*, n. 25, p. 1-45, 1950. doi: 10.1111/j.1469-185x.1950.tb00585.x, 1950.

TODD, C.D. Assessment of a trap for measuring larval supply of intertidal barnacles on wave-swept, semi-exposed shores. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, n. 290, p. 247-269, 2003. doi:10.1016/S0022-0981(03)00093-5, 2003.

TOONEN, R. J.; PAWLIK, J. R. Settlement of the gregarious tube worm *Hydroides dianthus* (Polychaeta: Serpulidae). Testing the desperate larva hypothesis. *Marine Ecology Progress Series*, n. 224, p. 115-131, 2001. doi:10.3354/meps224115, 2001.

VASUDEVAN, R. Biofilms: microbial cities of scientific significance. *Journal of Microbiology & Experimentation*, n. 1, p. 1-16, 2014.

YOUNG, C.M. A Brief history and some fundamentals. In: YOUNG, C.M.; SEWELL, M.A.; RICE, M.E. (Ed.). *Atlas of Marine Invertebrate Larvae*. Academic Press, 2002. p. 1-8.

Capítulo 7

O aquarismo na escola: conhecer para preservar os ecossistemas aquáticos

Janete Maria Scopel, Vania Elisabete Schneider, Valquíria Villas-Boas,
Gerson Luiz Cavalli

1. Objetivo: reconhecer a importância dos ecossistemas aquáticos e analisar os fatores limitantes que interferem nos mesmos, por meio da montagem e manutenção de um aquário de água doce.

2. Conteúdos: os conteúdos que podem ser explorados, por meio da prática do aquarismo na escola, envolvem diferentes áreas do conhecimento. Alguns destes conteúdos são apresentados no quadro abaixo:

Quadro1 – Conteúdos relacionados ao aquarismo

Área de conhecimento	Conteúdos relacionados ao aquarismo
Ciências/Biologia	Ecossistemas aquáticos, fluxo de energia nos ecossistemas, cadeia alimentar, ciclos biogeoquímicos, importância ecológica da substância água, zoologia, ictiologia, impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos, relações ecológicas no ambiente aquático, variáveis que interferem nos ecossistemas dulcícolas e salinos
Física	Pressão, empuxo, volume, tensão superficial, hidráulica, energia, calor, físico-química da água, condutividade elétrica (densidade, viscosidade, calor específicos)
Química	Parâmetros químicos e físico-químicos da água (pH, amônia, nitrito, nitrato, dureza,...), tabela periódica; fósforo e nitrogênio como nutrientes e contaminantes; contaminação química dos ecossistemas aquáticos
Matemática	Porcentagem, representação gráfica, geometria, medidas, estatística, funções
Português	Produção textual, linguagem, observação e descrição
Geografia	Distribuição geográfica dos seres vivos – biogeografia; origem das espécies de peixes e plantas aquáticas; bacias hidrográficas, rios e lagos
História	A ocupação do espaço pelas diferentes culturas e os recursos hídricos (por exemplo, o Egito e o rio Nilo); os recursos hídricos como fonte alimentar ao longo do tempo, usos da água, dentre outros

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

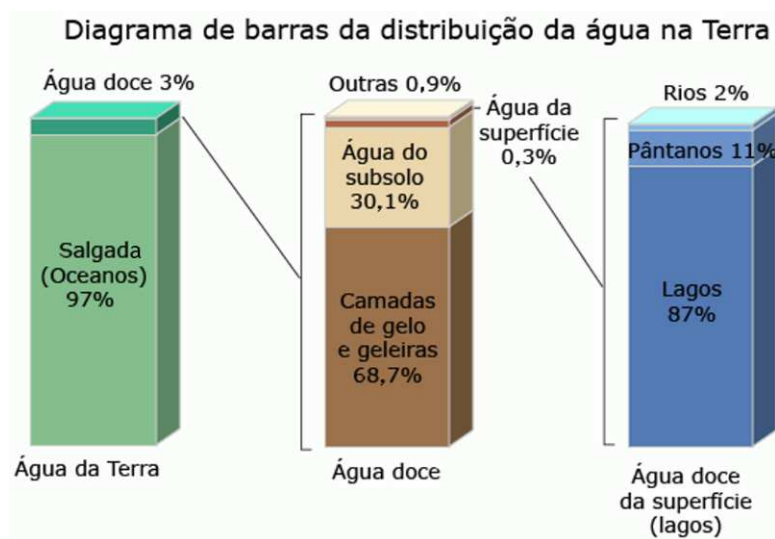
4. Referencial teórico

4.1 A água como tema motivador no ensino de ciências

A água é um recurso natural essencial para a existência da vida. Sem esta, a vida tal qual a conhecemos não seria possível. Por ser um solvente universal, em decorrência da estrutura físico-química da molécula, torna possíveis as reações químicas e bioquímicas que envolvem o fenômeno vital. Os seres vivos, sem exceção, não poderiam sobreviver na ausência da água. A biologia tal qual a conhecemos só é possível de existir, em função da presença desta substância. Sempre que se busca pela vida em outros planetas, a primeira coisa a ser investigada é a existência da água.

O planeta Terra pode ser chamado de planeta-água, uma vez que 2/3 de sua superfície é coberta de água. Porém, sua utilização para as atividades essenciais, como a sobrevivência humana, está restrita a menos de 3%, ou seja, a água doce. A figura abaixo apresenta os diferentes compartimentos em que estão divididas as águas, que aqui chamaremos de recursos hídricos:

Figura 1 – Distribuição da água no planeta Terra



Fonte: Baseado em VSGS (2017).

A água e seus compartimentos têm importância crucial para a sobrevivência dos organismos aquáticos. Por ser o meio aquático o seu hábitat, organismos aquáticos são extremamente suscetíveis às alterações físicas, físico-químicas e biológicas, que possam ocorrer neste meio. Os fatores que atuam sobre o meio e sobre os organismos são chamados fatores limitantes, ou fatores ecológicos ou, ainda, fatores ambientais. Os organismos podem ser afetados por estes fatores de diversas formas e em diferentes

graus de intensidade, dependendo de suas adaptações aos mesmos, adquiridas ao longo de sua evolução.

Neste contexto, a preservação dos recursos hídricos e das comunidades aquáticas tem sido cada vez mais alvo de preocupações, especialmente em relação às atividades antrópicas. Resíduos, efluentes, águas de drenagem e toda a sorte de substâncias e materiais, produzidos ou modificados pelo homem, são lançados no ambiente e chegam fatalmente aos recursos hídricos, afetando direta ou indiretamente a comunidade aquática, comprometendo a qualidade da água para uso humano. As consequências para os organismos vão desde o seu desaparecimento total até modificações nas populações e na estrutura genética dos mesmos.

O gerenciamento dos recursos hídricos, buscando-se seu uso racional aliado à prevenção da poluição e à recuperação dos sistemas afetados, é essencial à preservação da vida e da saúde ambiental e humana. Neste sentido, é essencial compreendermos como funcionam estes sistemas, para podermos atuar sobre eles, de forma racional e efetiva. A conscientização sobre a importância dos recursos hídricos para a vida e para os seres humanos é um dos caminhos para alcançarmos um equilíbrio entre as demandas e necessidades, as disponibilidades e a preservação destes recursos e das comunidades de seres vivos a eles associada.

O aquarismo, neste contexto, apresenta-se como uma potente estratégia para compreendermos o funcionamento dos recursos hídricos e dos fatores que nele atuam, permitindo, ainda, uma série de relações com outras áreas do conhecimento.

Montar e manter um aquário envolve o desenvolvimento de habilidades, que vão desde a seleção de materiais, de organismos, de parâmetros de monitoramento, de observação do comportamento dos organismos e de mudanças no ambiente, até a prática do cuidado. Manter em equilíbrio um ecossistema aquático-artificial exige uma atenção plena a uma série de aspectos, mas em particular aos organismos selecionados e ali inseridos, uma vez que estes constituem-se em bioindicadores das condições do meio criado.

O aquarismo, muito mais que lazer, é uma atividade que desafia constantemente quem o gerencia. O aquário nos instiga a compreendê-lo, a solucionar seus problemas, a agir quando necessário, para evitar que desequilibre ou para levá-lo a uma condição de equilíbrio. O aquarismo permite desenvolver o espírito investigativo por meio da observação e do registro de situações; da geração, análise e interpretação de dados. Ao mesmo tempo, permite despertar a consciência ambiental sobre os recursos hídricos, por

meio da compreensão da fragilidade destes sistemas, opostamente à complexidade de sua estrutura.

O aquarismo na escola é uma proposta trans e interdisciplinar, que poderá envolver diferentes atores e áreas do conhecimento de forma lúdica, promovendo por sua vez, a aprendizagem de forma ativa, participativa e significativa.

No capítulo apresentamos sugestões de como montar e realizar a manutenção de um aquário de água doce na escola. Serão apresentados dados sobre a base de cálculo para o dimensionamento de um aquário, os equipamentos e materiais necessários para o funcionamento do mesmo, a qualidade da água e os parâmetros físicos, químicos e biológicos para o monitoramento. Também serão apresentadas considerações sobre a comunidade biótica deste ecossistema.

5. Atividade

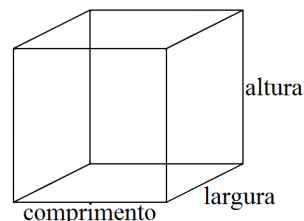
O primeiro aspecto a ser considerado na montagem e instrumentalização de um aquário diz respeito ao local onde o mesmo será instalado. Os aquários devem ser colocados em locais abrigados da incidência direta de radiação solar ou claridade natural intensa, uma vez que a luz, como fator indutor da fotossíntese, poderá promover o crescimento de algas nos vidros e na água, podendo alterar ainda a temperatura do meio. (GOMES, 2001). Outros aspectos de natureza estrutural, para a instalação do aquário, dizem a respeito a disponibilidade de tomadas e proximidade com torneiras para abastecimento e trocas de água. Deve-se ter o cuidado, ainda, com a segurança do mesmo e das pessoas que circulam no espaço, evitando-se acidentes.

Quanto maior o tamanho do aquário, maior será a facilidade de cuidá-lo, melhor para estabilizá-lo e melhor será a adaptação dos peixes. Sendo assim, a primeira coisa a ser definida, para a montagem da cuba de vidro, é o volume de água; com isso, podemos calcular a espessura do vidro. No Quadro 2 está apresentada a base de cálculo para o dimensionamento de um aquário:

Quadro 2 – Dimensionando o aquário

Etapa 1: cálculo do volume de água no aquário

Para determinar o volume de água a ser adicionada no aquário, você deverá multiplicar o comprimento (c), a profundidade (p) e a altura (h) deste, conforme figura ao lado. O resultado obtido representa o preenchimento completo do aquário por água. Entretanto, não podemos esquecer que parte do seu volume será ocupado por outros elementos, tais como: ornamento, cascalho e peixes. Ainda, recomenda-se trabalhar com uma borda-livre, evitando o transbordamento de água.



Para considerar estas questões, sugere-se que você multiplique o resultado obtido pelo fator 0,85. Com isto, você estará considerando que aproximadamente 15% do volume do aquário não será preenchido por água, mas, sim, por outros elementos essenciais à prática do aquarismo.

ATENÇÃO!

Se as dimensões do aquário estiverem em centímetros (cm), você obterá o resultado em centímetros cúbicos (cm³). Com isso, poderá ser desenvolvida a conversão de unidades com os estudantes.

Analogamente, se as dimensões do aquário estiverem em metros (m), você obterá o resultado em metros cúbicos (m³).

Etapa 2: cálculo da massa do aquário vazio

Para determinar a massa do aquário vazio, você deverá multiplicar o comprimento (c), a largura (l) e a altura (h) pela densidade específica média do vidro, que é de 2,6g/cm³. A massa do aquário vazio será obtida em gramas.

ATENÇÃO!

Atente para a diferença conceitual existente entre massa e peso do aquário vazio.

Etapa 3: cálculo da espessura do vidro do aquário

Para estimar a espessura do vidro do aquário, utilize a fórmula abaixo:

$$t = \sqrt{\frac{\text{beta} \times h^3 \times 0,00001}{B}}$$

Onde:
 t – espessura do vidro (mm)
 beta – valor tabelado (vide tabela ao lado)
 h – altura do aquário (mm)
 B – resistência de tensão (5,08 MPa)

A tabela abaixo apresenta algumas variáveis para a fórmula ao lado.

Para determinar a relação entre as variáveis comprimento e altura do aquário, divida o comprimento (c) pela altura (h).

Relação entre comprimento (c) e altura (h)	Valor de beta
≤ 0,500	0,0850
0,666	0,1156
1,000	0,1600
1,500	0,2600
2,000	0,3200
2,500	0,3500
≥ 3,000	0,3700

No sentido de facilitar estes cálculos, apresenta-se, na tabela abaixo, sugestões de dimensões para aquários.

Tabela 1 – Sugestões de dimensões para aquários

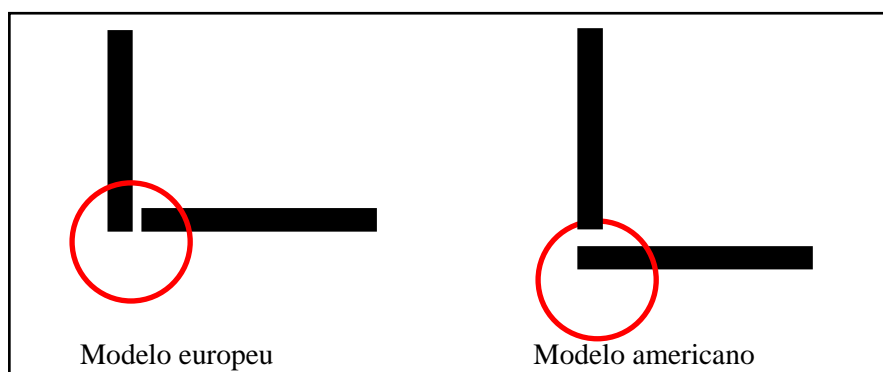
Comprimento x Largura x Altura (cm)	Espessura do vidro (mm)	Volume (L)
40 x 23 x 25	3	23
45 x 24 x 35	4	37
50 x 25 x 35	4	43
55 x 30 x 35	4	57
60 x 30 x 40	5	72
70 x 30 x 45	5	94
80 x 30 x 45	5	108
90 x 30 x 45	6	121
90 x 40 x 45	6	162
100 x 30 x 40	6	120
100 x 40 x 50	6	200
100 x 40 x 55	8	220
100 x 40 x 60	10	240
100 x 50 x 50	8	250
100 x 50 x 55	8	275

Fonte: Mataratzis (2011).

Uma vez determinada a espessura do vidro e o volume de água, parte-se para a fase de colagem dos vidros do aquário, utilizando-se para tal silicone de cura acética, atóxico e 100% puro, uma vez que este resiste melhor a esforços de tração.

Na Figura 2, são apresentados dois modelos de colagem: o modelo europeu cujo esforço de tração resulta em melhor resistência e o modelo americano, com esforço de tração tangencial.

Figura 2 – Modelos de colagem dos vidros do aquário: modelo europeu e modelo americano



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os vidros podem ser adquiridos em vidraçarias, onde poderão ser cortados nas medidas solicitadas.

O funcionamento do aquário envolve uma série de materiais e equipamentos. No Quadro 3, está apresentada uma síntese destes e a função a ser desempenhada no aquário.

Quadro 3 – Equipamentos e materiais necessários para o funcionamento de um aquário

Equipamento s/materiais	Utilização
Substrato de fundo (cascalho)	Fixação das bactérias que realizam a filtragem biológica; suporte para as raízes das plantas; componente ornamental. *O substrato de fundo (cascalho) geralmente utilizado é pedrisco com aproximadamente 1 a 3mm (pode ser adquirido em lojas de produtos de aquarismo).
Ornamentos	Utilizados para embelezamento do aquário e/ou refúgio para os peixes (exemplo: pedras grandes, troncos de madeira, plantas artificiais). *As plantas artificiais devem ser de materiais atóxicos evitando-se a contaminação do aquário.
Lâmpadas	O aquário deve permanecer em um local arejado e abrigado da luz direta do sol ou claridade abundante. Garantir a iluminação por aproximadamente 12 horas. (GOMES, 2007). *A potência e a quantidade de lâmpadas devem seguir uma proporção de aproximadamente 1 (um) watt para cada 2 litros de água, no aquário de água doce. As lâmpadas mais utilizadas são as fluorescentes por serem frias (ALCON).
Aquecedores	Os peixes ornamentais estão geralmente adaptados a temperaturas entre 25°C e 28°C, por isso, há a necessidade de aquecedores (isto vai depender sempre das exigências da espécie escolhida). * Para adequar a potência do aquecedor, considera-se aproximadamente 1,5 watts por litro de água, se o aquário estiver em um local pouco aquecido, e aproximadamente 1 watt por litro, se o aquário estiver em um local quente (SERA).
Aeradores	O aquário, por ser um ambiente fechado e restrito, não proporciona condições de autorrenovação da água, como ocorre na natureza. É imprescindível equipá-lo com um bom sistema de oxigenação e filtragem. (GOMES, 2001). * Para aquários de água doce, a capacidade de aeração da bomba submersa é de 10 vezes a quantidade de água do aquário (exemplo: para um aquário de 100 litros é necessária uma bomba de no mínimo 1.000 litros de água por hora).
Filtragens: física, química, e biológica	Na filtragem física, utiliza-se fibra/esponja onde partículas em suspensão ficam retidas (a troca deverá ser semanal para maior eficiência). Na filtragem química, utiliza-se carvão ativado, que remove da água moléculas orgânicas, alguns metais pesados e gases. (GOMES, 2007). A troca do carvão é variável, aproximadamente de dois em dois meses, dependendo do tamanho do aquário. Na filtragem biológica, utilizam-se materiais como cerâmicas ou outros, como <i>bioball</i> , onde as bactérias transformam os compostos orgânicos nitrogenados por meio do ciclo do nitrogênio (amônia → nitrito → nitrato).
Filtragem biológica de fundo	Placas plásticas perfuradas que são dispostas no fundo do aquário são cobertas pelo substrato de fundo (cascalho), onde as bactérias se fixam e processarão a matéria orgânica. Estas ficam conectadas à bomba de aeração, por meio de um tubo que vai do fundo à superfície.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Obs.: Os equipamentos para a montagem do aquário podem ser adquiridos em lojas de produtos para aquarismo

A água a ser utilizada no aquário não pode ser do sistema público, pois pode ser tóxica para os peixes, por possuir cloro e pode causar danos às gueltras, dificultando a respiração.

A retirada do cloro da água pode ser feita utilizando-se clorificante adquirido em lojas de aquarismo, ou deixar a quantidade de água a ser utilizada em um recipiente por 48h. O cloro é volátil e irá evaporar neste período.

É importante realizar uma troca parcial da água dos aquários, uma vez por mês, para manter o equilíbrio biológico. Esta troca poderá ser de 20 a 30% da água do aquário, podendo ser feita com a utilização de uma mangueira. Deve-se evitar a agitação da água e a suspensão de materiais particulados do fundo.

Após a montagem, é preciso deixar aproximadamente 36 dias o aquário em funcionamento sem os peixes, para que as bactérias benéficas colonizem o novo ecossistema, deixando-o saudável para os outros seres vivos que serão inseridos no ambiente. (GOMES, 2007).

Mesmo sem peixes, neste período de ciclagem é preciso colocar um pouco de alimento no aquário, para que as bactérias possam se alimentar da matéria orgânica que será formada. Estas bactérias posteriormente atuarão na filtragem biológica do aquário. A ciclagem em um aquário corresponde ao ciclo completo do nitrogênio, em que as bactérias benéficas darão início ao consumo da matéria orgânica, transformando-a em substância inativa ao ecossistema.

Uma vez por semana, deve-se verificar os parâmetros físicos, químicos e biológicos, que são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos para monitoramento de aquários

Parâmetros	Descrição
Amônia	A amônia é um gás extremamente solúvel em água e é o principal produto de excreção dos organismos aquáticos. (VINATEA ARANA, 1997). Em excesso no ecossistema aquático, atinge níveis letais aos seres vivos. A amônia no aquário provém do excesso de alimentação e dos resíduos orgânicos dos peixes. Na montagem do aquário, a amônia poderá estar elevada, mas isto ocorre no momento da ciclagem, até que possa realizar o ciclo completo do nitrogênio. Depois de estabilizado o aquário, para solucionar este problema, sugere-se realizar trocas parciais de água de aproximadamente 70%, 50%, 30%, dependendo da concentração da mesma.
Nitrito	O nitrito é o composto intermediário resultante do processo de nitrificação, quando a amônia é oxidada pelas bactérias. O nitrito é venenoso e fatal. Geralmente permanece alterado nos aquários recém-montados, filtros com problemas e aquários com superpopulação de peixes. (GOMES, 2007). Para estabilizar o nitrito sugere-se oxigenação na água e trocas parciais.

Nitrato	O nitrato é o produto final da oxidação da amônia, pouco tóxico para os peixes e outros seres vivos do aquário.
Dureza	A dureza da água está determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e de magnésio. (VINATEA ARANA, 1997).
pH	O pH é a medida da acidez ou alcalinidade relativa de uma determinada solução. Seu valor para a água pura a 25°C é igual a 7, e varia entre 0 e 7 em meios ácidos e entre 7 e 14 em meios alcalinos. (BRAGA et al., 2002). O pH é importante, pois muitas reações químicas, que ocorrem no meio ambiente, são afetadas pelo seu valor, e os sistemas biológicos são sensíveis a ele, sendo que o meio de pH entre 6,5 e 8,5 é o ideal.

Os dados do monitoramento podem ser registrados para posterior confecção de tabelas e gráficos. No Quadro 5, está apresentada uma sugestão de planilha para registro.

Quadro 5 – Sugestão de planilha para registro do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do aquário

Data	pH	Amônia	Nitrito	Nitrato	Dureza	Trocas de água
Observações:						

Os testes colorimétricos, para avaliação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, podem ser adquiridos em lojas de produtos para aquarismo. Os testes acompanham as soluções e a escala de cores para a análise dos resultados.

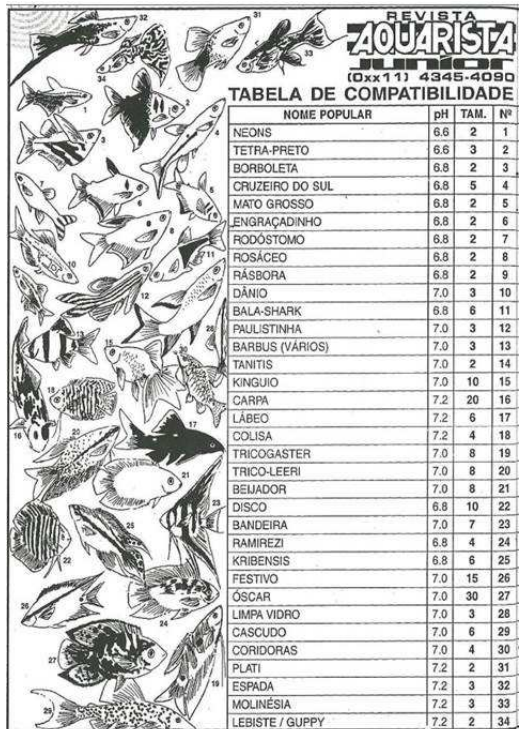
A comunidade biótica tem como critério geral 1cm de peixe adulto por litro de água (SERA). Os peixes são o maior atrativo do aquário e constituem-se nos principais bioindicadores da qualidade da água, uma vez que são diretamente afetados por ela.

Os peixes pequenos vivem aproximadamente três anos, a maioria vive entre cinco e dez anos em aquários bem-equilibrados e alguns chegam a mais de 30. (GOMES, 2007).

Para uma sobrevivência harmoniosa, os peixes devem ser compatíveis entre si, sobreviver nas mesmas condições, como do pH e da temperatura.

Na Figura 3, são apresentadas as compatibilidades entre os peixes ornamentais.

Figura 3 – Compatibilidades entre peixes ornamentais



RELACIONE A COLUNA VERTICAL COM A HORIZONTAL, OBSERVANDO A SIMBOLÓGIA:

PEIXES COMPATÍVEIS
 PEIXES NÃO COMPATÍVEIS
 PEIXES COMPATÍVEIS, DESDE QUE TENHAM TAMAÑOS SEMELHANTES

MANTENHA NO SEU AQUÁRIO A PROPORÇÃO DE 1 CM DE PEIXE POR LITRO DE ÁGUA.

ANALISAMOS NESTA TABELA: COMPORTAMENTO, SOCIABILIDADE E pH IDEAL ESTRE ESPÉCIES

NOME POPULAR	pH	TAM.	Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
NEONS	6.6	2	1	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
TETRA-PRETO	6.6	3	2	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
BORBOLETA	6.8	2	3	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
CRUZEIRO DO SUL	6.8	5	4	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
MATO GROSSO	6.8	2	5	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
ENGRAÇADINHO	6.8	2	6	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
RODÓSTOMO	6.8	2	7	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
ROSÁCEO	6.8	2	8	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
RÁSBORA	6.8	2	9	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
DÂNIO	7.0	3	10	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
BALA-SHARK	6.8	6	11	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
PAULISTINHA	7.0	3	12	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
BARBUS (VÁRIOS)	7.0	3	13	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
TANTIS	7.0	2	14	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
KINGUIO	7.0	10	15	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
CARPA	7.2	20	16	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
LÁBEO	7.2	6	17	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
COLISA	7.2	4	18	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
TRICOGASTER	7.0	8	19	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
TRICO-LEERI	7.0	8	20	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
BEIJADOR	7.0	8	21	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
DISCO	6.8	10	22	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
BANDEIRA	7.0	7	23	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
RAMIREZI	6.8	4	24	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
KRIBENSIS	6.8	6	25	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
FESTIVO	7.0	15	26	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
ÓSCAR	7.0	30	27	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
LIMPA VIDRO	7.0	3	28	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
CASCUDO	7.0	6	29	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
CORIDORAS	7.0	4	30	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
PLATI	7.2	2	31	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
ESPADA	7.2	3	32	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
MOLINÉSIA	7.2	3	33	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
LEBISTE / GUPPY	7.2	2	34	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	

Fonte: Revista Aquarista Júnior (2001).

A introdução dos peixes no aquário exige alguns cuidados na soltura, que não deve ser feita diretamente no aquário. Sugere-se deixar o saco plástico flutuar na água do aquário por aproximadamente 20 minutos. Após este período, parte da água do aquário pode ser introduzida no invólucro que contém os peixes, aguardando por aproximadamente 10 minutos. Retira-se os peixes com o auxílio de um puçá, descartando a água da embalagem.

A alimentação dos peixes deverá ser realizada de uma a duas vezes por dia, em quantidades que possam consumir, aproximadamente em 5 minutos. Alimentação em excesso pode causar a morte dos peixes e alterar o ciclo do nitrogênio (amônia, nitrito, nitrato), sendo letal para os mesmos. Depois de montado, o aquário não deve ser desmontado para a limpeza. Para a limpeza do vidro, utilizar uma esponja e fazer trocas parciais da água. Se o aquário for desmontado, isso será prejudicial para o ecossistema, pois a biologia do aquário terá que ser formada novamente.

6. Considerações finais

Vivências educacionais, que envolvam estratégias e atividades práticas, propiciam aos estudantes serem ativos na construção dos seus conhecimentos; auxiliam também no

desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para a construção dos seus saberes e na ocorrência de aprendizagens mais significativas.

Por meio de atividades práticas, relacionadas ao meio ambiente, como o acompanhamento do ecossistema de um aquário de água doce, o estudante pode vivenciar ações ambientais importantes para compreender o funcionamento do meio em que vive, de maneira interdisciplinar, sensibilizando-se e tornando-se um cidadão responsável, crítico e atuante no meio em que vive.

A prática do aquarismo é desafiadora. Exige atenção e tratamento especial aos seres vivos, o que permite despertar maior sensibilização quanto aos cuidados com o meio ambiente, em particular com os recursos hídricos. Ela é um excelente ambiente de aprendizagem ativa que, conduzida adequadamente, levará à ocorrência de aprendizagens significativas.

Referências

ALCON PET. Seu novo aquário. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/83354304/Seu-Novo-Aquario>>. Acesso em: dez. 2014.

BRAGA, B. et al. *Introdução à engenharia ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN 85-7605-041-2.

BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

GOMES, S. *O aquário de água doce: sem mistérios*. 2001.

FISCHESSER, B.; DUPUIS-TATE, M.F. *Le guide illustre de l'ecologie*. Paris: edition de la Martiniere-Cemagref, 1996.

GOMES, S. *Tudo que você precisa saber sobre o seu primeiro aquário: guia prático*. 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/146872087/Primeiro-Aquario-Guia-Pratico>>. Acesso em: dez. 2014.

MATARATZIS, M. *Vida no aquário: tabela com espessura de vidros*. 2011. Disponível em: <<http://lifeaqua.blogspot.com.br/2011/07/tabela-com-espessura-de-vidros.html>>. Acesso em: dez. 2014.

REVISTA Aquarista Júnior. Tabela de compatibilidade. São Bernardo do Campo/SP, ano 14, n. 80, 2001.

SERA: para aquários naturais. *Montagem e decoração do aquário como na natureza*. Disponível em: <<https://www.sera.de/pt/servico-sera/manuais.html>>. Acesso em: dez. 2014.

VINATEA-ARANA, L. *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura*. Florianópolis: Ed. da UFSC – FAPEU, 1997.

Capítulo 8

Coleção entomológica didática

Wilson Sampaio de Azevedo Filho

1. Objetivos: desenvolver a capacitação na coleta, manipulação e no acondicionamento de material entomológico; estimular a procura de informações e identificação dos diversos grupos de insetos e organizar coleções didáticas destinadas à escola ou material expositivo ao público em geral.

2. Conteúdo: Ciências da Natureza (Entomologia: ciência que se dedica ao estudo dos insetos).

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental, Médio e Universitário

4. Referencial teórico

Os insetos formam o grupo mais diversificado de organismos sobre a Terra, representando aproximadamente 60% de todas as espécies conhecidas. (RAFAEL et al., 2012). Esses animais vivem no planeta há cerca de 350 milhões de anos e evoluíram adaptando-se a quase todos os tipos de hábitat. (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Muitos insetos são extremamente importantes para os humanos, colaborando na polinização e no auxílio da produção agrícola, fornecendo produtos (mel, cera, seda e outros) e também servindo como alimento para outros animais (como pássaros e peixes). (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011; RAFAEL et al., 2012). Contudo, uma parte das espécies do grupo é qualificada como prejudicial ao homem (pragas, vetores de patógenos e outros) (GALLO et al., 2002; BUZZI, 2010; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Os insetos podem ser usados como modelos para trabalhar diversas áreas do conhecimento (Zoologia, Ecologia, Etologia, Método Científico e muitas outras) e não apenas o conteúdo específico de Entomologia. Alguns estudos já demonstram a importância e a viabilidade de trabalhar o conteúdo “Insetos”, de forma alternativa e diferenciada nas escolas, favorecendo e estimulando o aprendizado dos discentes. (WOLFF et al., 2009; LEAL et al., 2011; SANTOS; SOUTO, 2011; LOPES et al., 2013). Assim, as atividades com esse grupo de animais podem ser iniciadas e embasadas em uma coleção entomológica didática, permitindo um contato direto com o objeto de estudo, com a criação de exposições ou feiras de ciências, entre outros.

Uma coleção entomológica é a reunião ordenada de espécimes (insetos) devidamente preservados, com um determinado objetivo. Existem vários tipos de coleção entomológica que podem ser classificados conforme sua finalidade: coleção didática, coleção de pesquisa, coleção regional, coleção especial e outras. (PAPAVERO, 1994). As coleções entomológicas didáticas são ferramentas destinadas ao ensino, à demonstração e ao treinamento, podendo ser desenvolvidas em diferentes níveis (Ensino Fundamental ou Médio).

É recomendável que o estudo orientado por este trabalho seja acompanhado, se possível, da leitura de um livro-texto, que apresente com maior profundidade alguns conteúdos em questão (referências indicadas no final do capítulo). O presente material destina-se somente ao uso nas atividades de ensino. Dessa forma, constitui-se apenas mais um instrumento didático disponibilizado.

5. Atividade

5.1 Procedimentos básicos:

- a) *Preparação:* etapa em que os alunos coletam os insetos solicitados, identificam, montam em alfinetes entomológicos e acondicionam em caixas entomológicas.
- b) *Apresentação:* etapa em que os alunos apresentam a coleção entomológica devidamente preparada, conforme as orientações do professor.
- c) *Avaliação:* etapa realizada pelo professor, com base na apresentação dos insetos solicitados (montados corretamente) e o aspecto geral da coleção (organização e padronização dos elementos).

5.2 Coleta dos espécimes:

As coletas são muito importantes para obter os espécimes necessários à montagem da coleção entomológica didática.

A coleta dos insetos é facilmente realizada, pois podemos encontrá-los nos mais diferentes ambientes: urbanos, matas, jardins, dentro de casa ou mesmo na própria escola. Como esse grupo de animais apresenta grande abundância e diversidade, a coleta dos espécimes não chega a causar danos ao meio ambiente, já que a quantidade capturada representa apenas uma pequena parcela de suas populações.

Os insetos podem ser coletados de duas formas: direta e indireta.

Na coleta direta, ocorre a ação intensa do coletor para capturar os espécimes manualmente (usar pinças) ou utilizando algum tipo de equipamento (rede de varredura, rede entomológica, “guarda-chuva” entomológico ou outros). Já na coleta indireta, não

há uma ação intensa do coletor, e a captura dos insetos é realizada através de armadilhas (armadilha para moscas, armadilha de solo, bandeja colorida, pano de coleta noturna ou outros). A coleta também pode ser conduzida com o auxílio de pequenas lupas (10x), para visualizar melhor os espécimes.

Após a coleta, o material entomológico deve ser acondicionado em um recipiente de plástico ou vidro transparente, contendo conservante (álcool 70%), para evitar danos aos insetos antes da montagem em alfinetes entomológicos (maiores informações no próximo item). Uma etiqueta com os dados de coleta (local, data e coletor) deve ser confeccionada em papel, escrita com lápis grafite e incluída no recipiente (os dados serão utilizados, posteriormente na etiqueta do espécime para coleção).

A maioria dos materiais para coleta pode ser facilmente confeccionada com baixo custo. A escolha do método de coleta deve ser orientada pelo professor com o auxílio da bibliografia (ALMEIDA et al., 1998; AZEVEDO FILHO; PRATES JÚNIOR, 2005; RAFAEL et al., 2012), ou através de pesquisas na internet (o professor deve verificar as fontes dessas informações para posterior utilização pelos alunos).

5.3 Montagem da coleção

Os insetos coletados deverão ser montados em alfinetes entomológicos, de forma adequada a cada grupo, para compor a coleção entomológica didática (Quadro 1 e Figura 1). Os alfinetes apresentam um comprimento de 37/40mm, variando em espessura conforme a numeração. Os mais utilizados nas atividades são os números 1, 2 e 3. Quanto mais rígido for o inseto que será montado, mais espesso deverá ser o alfinete (número maior).

Conforme o tamanho do exemplar, poderá ser realizada a técnica de *dupla montagem* para espécimes pequenos e frágeis (deve ser confeccionado um triângulo – 1 x 0,5 cm – de cartolina branca ou lâmina plástica transparente, depois perfurado na base com o alfinete, e o inseto deverá ser fixado na ponta com cola branca) (Figura 2A), ou uma *montagem simples*, para insetos maiores e mais rígidos (perfurando diretamente o inseto com o alfinete. Esse procedimento deve ocorrer de forma perpendicular, para evitar que o espécime fique inclinado) (Figura 2B). Com relação aos apêndices (pernas, asas e antenas), devem ser posicionados de forma simétrica (mantidos nessa posição durante a secagem, através de alfinetes comuns, sem nunca perfurar o inseto). A alfinetagem dos insetos e o posicionamento dos apêndices, com alfinetes comuns auxiliares, podem ser realizados sobre uma placa de isopor. Os espécimes devem ser

fixados a aproximadamente 1,0cm abaixo da cabeça do alfinete (essa distância pode ser ajustada, logo depois da secagem, com o auxílio de uma pinça de ponta fina).

Para montagem de borboletas, mariposas, ou de outros insetos (ex.: libélulas) que devem ser montados com as asas distendidas, é necessário utilizar um “esticador” (tábua de distensão), que pode ser facilmente construído em isopor, conforme modelos disponíveis na bibliografia (ALMEIDA et al., 1998; RAFAEL et al., 2012).

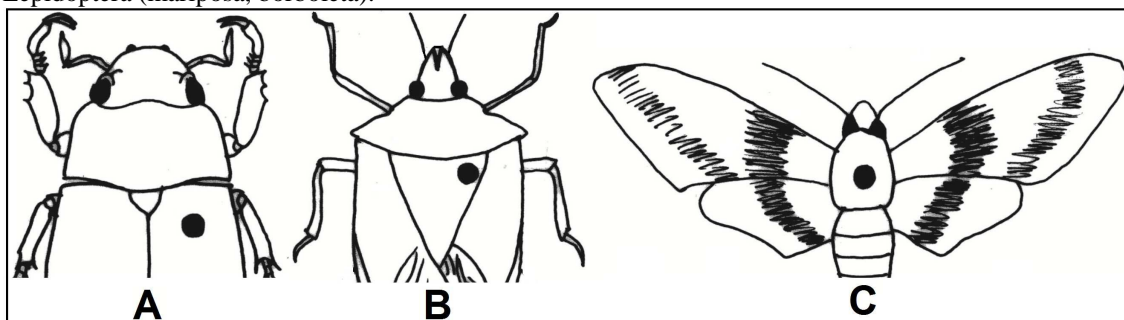
A utilização de alfinetes comuns ou agulhas de costura, para a montagem dos insetos, deve ser evitada, pois enferrujam facilmente em contato com o espécime. É possível comprar alfinetes entomológicos no mercado nacional, com baixo custo. Contudo, no caso da falta de recursos, as agulhas podem ser utilizadas de forma didática (maior variação de espessura e um comprimento maior que os alfinetes comuns).

Quadro 1 – Local para alfinetagem dos espécimes, conforme o grupo de insetos

Inseto	Local para alfinetagem*
Besouro (Coleoptera)	Élitro direito próximo da base
Percevejo (Hemiptera – Heteroptera)	Escutelo (estrutura em forma de triângulo).
Cigarra e cigarrinha (Hemiptera – Auchenorrhyncha)	Escutelo (estrutura em forma de triângulo)
Borboleta e mariposa (Lepidoptera)	Meio do tórax entre as asas anteriores
Tesourinha (Dermaptera)	Meio da asa direita
Barata (Blattaria)	Base da asa direita um pouco atrás do pronoto
Libélula (Odonata)	Centro do tórax entre as bases das asas anteriores
Bicho-pau (Phasmatodea) e Louva-a-deus (Mantodea)	Entre as pernas médias e posteriores (dorsalmente)
Gafanhoto e Esperança (Orthoptera)	Pronoto (posteriormente) ao lado da linha mediana (direita)

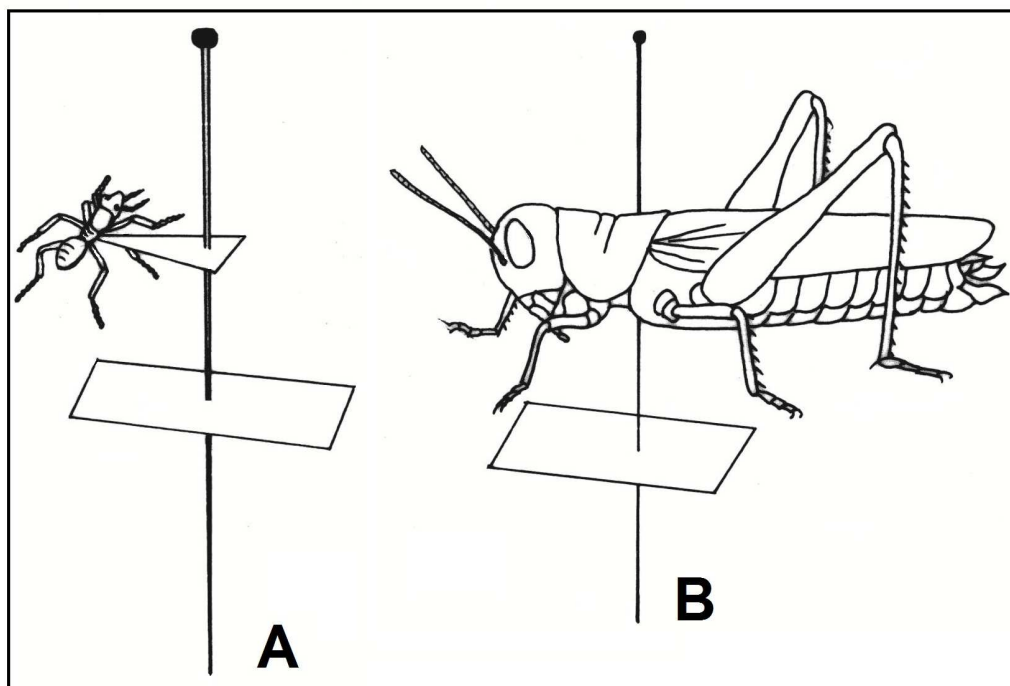
*Para mais informações, consultar Almeida et al. (1998) e Buzzi (2010).

Figura 1 – Exemplos dos locais indicados para montagem dos insetos (ponto de entrada do alfinete entomológico). **A.** Coleoptera (besouro). **B.** Hemiptera – Heteroptera (percevejo, fede-fede, barbeiro). **C.** Lepidoptera (mariposa, borboleta).



Fonte: Ilustração: Adriana Tolotti.

Figura 2 – Montagem de insetos. **A.** Dupla montagem. **B.** Montagem simples.



Fonte: Ilustração: Adriana Tolotti.

Os espécimes, depois de montados em alfinetes entomológicos, deverão ser etiquetados com: etiqueta de coleta (informando o local de coleta do espécime, data da coleta e o nome do coletor) (Figura 3A) e etiqueta de identificação (informando o nome do grupo do inseto, nome do determinador e o ano da determinação) (Figura 3B). A etiqueta de identificação é geralmente utilizada para o nome da espécie. Contudo, no caso da coleção didática, ela pode informar apenas o nome do grupo (Ordem ou Família). As etiquetas devem ser confeccionadas com um papel mais rígido (gramatura 120g/m² ou 180g/m²) e medidas de 2,5 x 1cm ou 2 x 1cm. A altura do espécime e das etiquetas deve ser a mesma, em todos os exemplares da coleção, mantendo padrão.

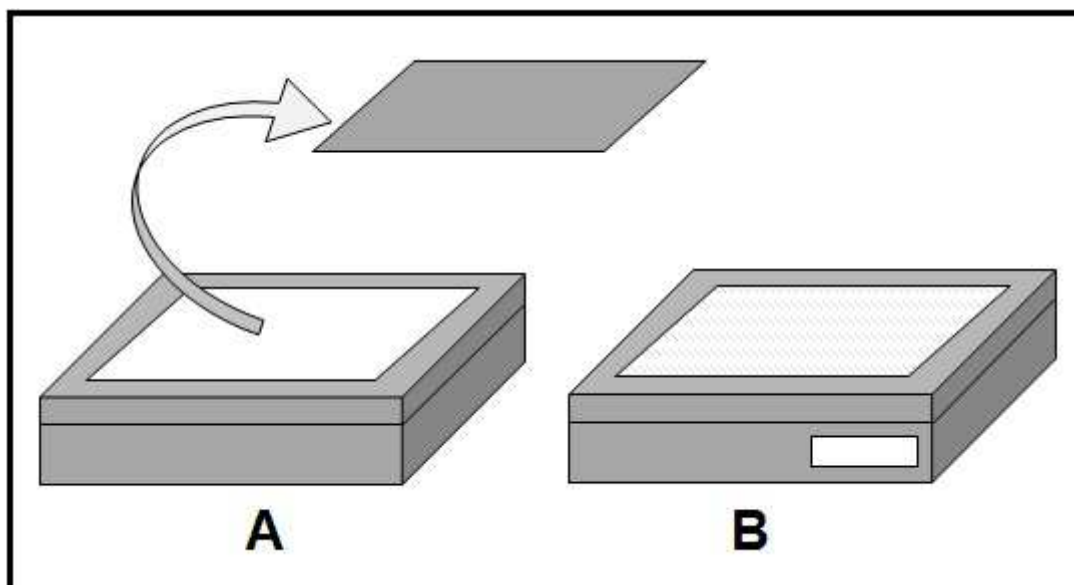
Figura 3 – Etiquetas para coleção. **A.** Etiqueta de coleta (col. = coletor). **B.** Etiqueta de identificação (det. = determinador)



A identificação dos espécimes poderá ser trabalhada com o nível taxonômico de Ordem ou Família, conforme o objetivo com os alunos envolvidos na atividade. A identificação dos insetos deverá ser realizada com bibliografia específica. (GALLO et al., 2002; GULLAN; CRANSTON, 2007; BUZZI, 2010; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011; RAFAEL et al., 2012). Informações e publicações em formato digital (internet) também podem ser utilizadas (evitando gastos com bibliografia); no entanto, as fontes desse material devem ser verificadas pelo professor, para evitar identificações incorretas dos espécimes.

A coleção deverá ser preparada com a utilização de caixas de papelão (cor neutra ou forrada com papel de cor neutra para padronização), com tamanho adequado ao conjunto de materiais e com uma etiqueta de identificação dos alunos, na parte frontal (Figura 4). Também é possível confeccionar a caixa em madeira e tampa com vidro, caso haja recursos disponíveis.

Figura 4 – Confeção da caixa entomológica. **A.** Caixa de papelão (altura: 6 ou 7cm): recortar a parte central da tampa deixando uma margem de aproximadamente 2cm. **B.** Colar uma lâmina plástica transparente internamente na margem e fixar no fundo da caixa uma lâmina de isopor (10 ou 15mm), para incluir os insetos montados em alfinete.



Fonte: Elaborado pelo autor.

6. Considerações finais

Para evitar mofo e o ataque de outros insetos que danificam as coleções, será necessária a utilização de naftalina, que não deve entrar em contato direto com o isopor do fundo da caixa (utilizar um pequeno recipiente no canto). Porém, para não ocorrer a

manipulação da naftalina (produto tóxico) pelos alunos, recomenda-se, em alguns casos, a sua substituição por cravo-da-índia (especiaria). Para conservação da coleção, o material também deverá ser mantido em local escuro e sem umidade.

Referências

ALMEIDA, L.M.; RIBEIRO-COSTA, C.S.; MARINONI, L. *Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos*. Ribeirão Preto: Holos, 1998.

AZEVEDO FILHO, W.S.; PRATES JÚNIOR, P.H.S. *Técnicas de coleta e identificação de insetos*. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2005. (Cadernos EDIPUCRS; 17). (Série Zoologia; 4).

BUZZI, Z. J. *Entomologia didática*. 5. ed. Curitiba: Ed. da UFPR, 2010.

GALLO, D. et al. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GULLAN, P.J.; CRANSTON P. S. *Os insetos: um resumo de entomologia*. 3. ed. São Paulo: Roca, 2007.

LEAL, D. et al. Produção e divulgação de material didático-pedagógico sobre os insetos no ensino fundamental. *Diálogos & Saberes*, Mandaguari, v. 7, n. 1, p. 99-107, 2011.

LOPES, P.P. et al. Insetos na escola: desvendando o mundo dos insetos para as crianças. *Revista Ciência em Extensão*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 125-134, 2013.

PAPAVERO, N. *Fundamentos práticos de taxonomia zoológica* (coleções, bibliografia, nomenclatura). 2. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista – UNESP, 1994.

RAFAEL, J.A. et al. *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Ribeirão Preto: Holos, 2012.

SANTOS, D.C.J.; SOUTO L.S. Coleção entomológica como ferramenta facilitadora para a aprendizagem de Ciências no ensino fundamental. *Revista Scientia Plena*, Sergipe, v. 7, n. 5, p. 1-8, 2011.

TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON N, F. *Estudo dos insetos*. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WOLFF, V.R.S. et al. Ciência na escola, os princípios da ecologia profunda através do estudo dos insetos e do meio ambiente. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 77-80, 2009.

Capítulo 9

Roteiro para estruturar uma trilha ecológica “alfabetizadora” de novos cientistas

Gladis Franck da Cunha, Lisiane de Souza

1. Objetivo: este roteiro, elaborado a partir de cinco experiências bem-sucedidas, visa orientar os professores na estruturação de uma atividade de trilha ecológica, onde sejam realizadas atividades que contribuam para a alfabetização científica.

2. Conteúdo: Ciências da Natureza (flora e fauna da Mata Atlântica, relações ecológicas observáveis em ambiente natural, utilização de recursos matemáticos na pesquisa biológica), Química, Física, Geologia, Matemática.

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental, Médio e Universitário.

4. Referencial teórico

Numa trilha ecológica são desenvolvidas atividades que exigem observação, comparação, reflexão e pensamento crítico, favorecendo a aquisição de conhecimentos e competências necessários à alfabetização científica.

Entende-se por alfabetização científica o processo de construção da educação científica, tendo presente o desenvolvimento de habilidades e competências. Tais habilidades estruturam a forma de pensar e agir do indivíduo, o que o torna mais capacitado para resolver seus problemas. O termo alfabetização é empregado por entender que há uma necessidade eminente de repensar o ensino escolar, já que este não satisfaz as reais necessidades dos estudantes e de suas famílias e não traz garantia de êxito escolar e profissional, como afirma Demo (2004): “Grande parte dos alunos da 8ª série não entende o que lê”. Por muito tempo, a ideia de uma boa aula consistia no seguinte método:

[...] em geral explicita-se o conteúdo da disciplina com suas definições ou sínteses, desconsiderando-se os elementos históricos e contextuais, muitas vezes tomando suas sínteses temporárias como definitivas, desconectando-as de afirmações técnicas das pesquisas científicas que as originaram. (ANASTASIOU; ALVES, 2003, p. 12).

Como enfatizaram os autores acima, esta maneira de conceber e organizar as aulas tem seu valor. No entanto, é incapaz de transformar a realidade dos estudantes, sem

motivação e interesse pelo conteúdo. Esta metodologia não ajuda no processo do estudante de conectar-se à história e a dar importância ao conhecimento para sua vida, para as relações sociais e a sociedade.

Demo (2011) afirma que “a aula que apenas repassa conhecimento, ou a escola que somente se define como socializadora de conhecimento, não sai do ponto de partida, e, na prática, atrapalha o aluno [...]”. Os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais, afirmam:

[...] o estudo das Ciências Naturais de forma exclusivamente livresca, sem interação direta com os fenômenos naturais ou tecnológicos, deixa enorme lacuna na formação dos estudantes. [...]. Ao contrário, diferentes métodos ativos, com a utilização de observações, experimentação, jogos, diferentes fontes textuais para obter e comparar informações, por exemplo, despertam o interesse dos estudantes pelos conteúdos e conferem sentidos à natureza e à ciência [...]. (Brasil, 1998).

No mesmo sentido, Chassot destaca que a utilização de recursos e de uma metodologia que auxilie na aquisição e construção do conhecimento científico, pode ser desenvolvida em um processo de alfabetização científica, cujo objetivo assim se justifica:

A nossa responsabilidade maior no ensinar Ciência é procurar que nossos alunos e alunas se transformem, como o ensino que fazemos em homens e mulheres mais críticos. Sonhamos que, com o nosso fazer Educação, os estudantes possam tornar-se agentes de transformações – para melhor – do mundo em que vivemos. (2001, p. 31).

Um indivíduo crítico não é apenas um ser que reclama das situações injustas, sem saber agir diante dos problemas. É um ser que sabe refutar, argumentar e propor ideias. A alfabetização científica exige uma linguagem própria que oriente o estudante, através da experimentação e da pesquisa, a desenvolver habilidades voltadas à observação, à percepção de fenômenos, à coleta de dados, à organização e montagem dos experimentos, assim como a forma de socializar sua pesquisa, como: a elaboração de gráficos, relatórios; a apresentação em exposições, cartazes, entre outros. Para tanto, segundo Chassot (2001), um caminho que pode auxiliar na alfabetização científica é o estudo da História da Ciência. “[...] a *História da Ciência é uma facilitadora da alfabetização científica do cidadão e da cidadã*”. (CHASSOT, 2001, p. 32, grifos do autor), justamente por conter elementos que orientam o trabalho docente ou de um novo pesquisador.

O conhecimento científico é adquirido através da experimentação, dos questionamentos e da explicação das razões dos fenômenos e dos fatos. É a ciência de

quem não se submete às verdades ditas como imutáveis. É a ciência dos inquietos, dos que querem saber e conhecer mais. A alfabetização científica não se organiza em uma metodologia rígida, mas em etapas (estágios), nas quais os estudantes vão desenvolvendo novas habilidades, ao se apropriarem dos conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais e com a intervenção constante do professor. Com este pensamento, da mesma forma que uma criança é alfabetizada na língua materna, ela precisa conhecer a Ciência, como uma linguagem, para facilitar a leitura de mundo (CHASSOT, 2001), e ser alfabetizada na “língua da ciência”, para ler e compreender os fatos e fenômenos do mundo.

Desta forma, entende-se a alfabetização científica como um processo de construção do pensamento científico, com base no desenvolvimento de habilidades naturais do ser humano (questionar, buscar o saber, o porquê das coisas, entre outros), utilizando sua bagagem cultural. Tomando-se por base que tais habilidades naturais não se desenvolvem automaticamente, mas necessitam da interação e dos processos educativos, tanto escolares como sociais (CUNHA, 1999), a partir destas informações estrutura-se uma série de procedimentos que qualificam o estudante e o ajudam a desenvolver suas habilidades, agregando ao seu ser capacidade investigativa, experiências, testes práticos e elaboração de hipóteses que resolvam problemas.

A proposta do ensino de Ciências, como afirmam Campos e Nigro (1999), é aproximar os estudantes do fazer ciência dos verdadeiros cientistas. Apresentar a Ciência aos estudantes, do ponto de vista de quem a faz. Segundo Nouvel (2001), consiste em despertar o gosto pela ciência, os sentimentos de alegria, paixão; a satisfação de quem experimenta e observa, se impressiona com a diversidade de resultados; descobre soluções para seus problemas e se lança ambiciosamente na expectativa de elucidar de novos desafios. É fazer o estudante descobrir que a “ciência comporta um perfume de aventura, de novidade, de mistério”. (NOUVEL, 2001, p. 23).

Neste contexto, a aula prática com trilha ecológica, proposta aqui, busca a utilização de ferramental matemático para a caracterização do ambiente natural. Para o processo de alfabetização científica, os participantes da trilha não podem permanecer passivos, mas devem atuar como “investigadores”, realizando medições de perímetro e altura das árvores, demarcar áreas de observação, registrar dados e formular hipóteses sobre idade de vegetais.

Este tipo de trilha começou a ser desenvolvido em 2006 no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Campus Universitário da Região dos Vinhedos da Universidade de Caxias do Sul – Carvi/UCS – para preparar os acadêmicos a atuarem

como monitores deste tipo de atividade didática em suas práticas pedagógicas. Nela houve a realização de atividades relacionadas às pesquisas biológicas, tais como: coleta, comparação e registro de dados que permitiram o debate sobre o trabalho científico e a utilização de instrumentos de medida, tendo sido aplicada uma metodologia para caracterização ambiental, a qual utilizou conhecimentos de matemática, botânica e zoologia. (CUNHA et al., 2013). Nessa experiência, também foi observado que, ao se preparar para guiar uma trilha ecológica, um acadêmico de Biologia consegue, como propõe Labov et al. (2010), um profundo entendimento biológico, o qual emerge, a partir de um pensamento multifacetado pelas diversas disciplinas. Esta compreensão mais aguda amplia os conhecimentos e as capacidades de observação e análise, que permitirão avanços sobre os complexos e inter-relacionados desafios observados no ambiente.

O sucesso desta experiência subsidiou a realização de vários trabalhos subsequentes, desenvolvidos pelos acadêmicos, em 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014 na disciplina de Estágio IV, cuja ementa prevê o exercício da docência em ambientes formais ou não formais de aprendizagem, visando à construção de alternativas de ação educativa. Estes trabalhos subsequentes enfeixaram diferentes experiências, a partir das quais foram estruturadas as atividades abaixo. Tomou-se por base a primeira trilha desenvolvida em 2006 e os ajustes necessários para três diferentes situações em 2011, como parte do evento Embrapa Escola, em 2012 na Chácara Pasqual da ONG Guardiões do Meio Ambiente e, em 2013, como parte do Projeto Trilhas do Programa de Educação Ambiental da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Bento Gonçalves, em parceria com o Hotel Villa Michelin. (BORTOLON et al., 2011; Busetti et al., 2012; CUNHA et al., 2013; Bernardi et al., 2013).

5. Atividade

5.1 Definição do contexto e público-alvo

A primeira etapa de uma trilha consiste em definir o local em que será realizada e qual será o perfil dos visitantes. Para se facilitar a compreensão desta proposta pedagógica, serão exemplificados a seguir estudos de casos realizados no Município de Bento Gonçalves.

Em 2006, foi utilizada uma trilha de 1.100m de extensão, situada no Carvi, cujo percurso demandava uma hora de caminhada mais trinta minutos para as atividades de observação e medição, em uma das estações de trabalho. Esta atividade teve dois

momentos: no primeiro, ocorreu a preparação dos acadêmicos, com idades entre 18 e 25 anos, para atuarem como monitores e, posteriormente, tais acadêmicos conduziram a trilha com alunos do Ensino Fundamental, incluindo todos os anos ou séries finais de duas escolas vizinhas, cujas idades variavam entre onze e quinze anos.

A trilha inserida no projeto Embrapa Escola foi realizada na sede da Embrapa Uva e Vinho e aplicada a alunos de 4^{as} séries e 4^{os} anos de várias escolas públicas de Bento Gonçalves, os quais formavam pequenos grupos, que eram conduzidos por monitores pelos diversos eventos programados. A idade dos visitantes variou entre nove e dez anos e toda a atividade da trilha devia ocorrer em 20 minutos, sendo atendidos quatro grupos na parte da manhã e cinco à tarde.

Na Chácara Pasqual, em 2012, o objetivo geral foi promover a Educação Ambiental com crianças de primeiro e segundo ano do Ensino Fundamental de escolas da região da Serra gaúcha. Foi utilizada a estrutura local, que possui (com a parceria do Ibama) recintos para animais silvestres, abrigando animais confiscados do tráfico ou de criadores ilegais, além de animais domésticos. O local ainda possui uma pequena trilha numa área de mata nativa, um pequeno pomar, um açude, uma área para lazer, um *playground* e um salão de festas. É um espaço de preservação ambiental e educação para grupos de escolas ou visitantes que queiram aprender sobre meio ambiente.

Em 2013, o projeto foi aplicado a alunos de quintos, sextos e sétimos anos da rede municipal de ensino de Bento Gonçalves e realizado no Hotel Villa Michelin, que está localizado no Vale dos Vinhedos. Além da vivência de uma trilha, este projeto tinha por objetivo promover o aprendizado, a conscientização de preservação e a importância da reciclagem, através da educação ambiental.

A caracterização do perfil do público-alvo serve como critério norteador para a elaboração de materiais didáticos de apoio, que podem incluir jogos, apostilas interativas ou relatórios. Além disso, a logística para o transporte dos visitantes e o agendamento das visitas vão subsidiar a definição de estratégias. A trilha de 2006 foi realizada na manhã de um sábado, com dois horários: o primeiro grupo de visitantes chegou às oito horas e o segundo chegou às dez horas. No exemplo de 2011, a atividade teve a duração de cinco dias, nos quais houve quatro grupos de visitantes pela manhã e cinco à tarde. As duas outras trilhas foram realizadas em três turnos somando doze horas, sendo atendidas duas turmas por turno. Nestes últimos casos, o transporte dos alunos aos locais de trilha foi providenciado pelas escolas participantes.

5.2 Formação da equipe para monitoramento da trilha

A realização de uma trilha ecológico-didática deve obedecer a alguns princípios que orientam este tipo de atividade como um todo. Assim, o número de alunos por grupo de visitantes não pode exceder a vinte, sendo ideal que fique em torno de quinze. Nesse sentido, o número de integrantes da equipe deverá possibilitar a formação destes subgrupos.

Na trilha realizada no Carvi, havia cinquenta e três alunos subdivididos em sete grupos, os quais atenderam duzentos visitantes em uma manhã. Assim, cada grupo de quinze a vinte visitantes foi monitorado por sete ou oito acadêmicos. Em 2011, como os visitantes participavam de diversas atividades além da trilha, cada grupo tinha um acompanhante que controlava o roteiro e tempo das atividades. Neste caso, as três estagiárias ficavam apenas responsáveis pelas atividades em suas respectivas estações de trabalho.

Na Chácara Pasqual, o número ideal de integrantes na equipe de monitores é cinco, uma vez que as atividades envolvem cinco ambientes: a) lago e animais aquáticos; b) pomar; c) animais domésticos; d) animais silvestres e legislação ambiental; e) mata nativa e preservação.

A trilha realizada em 2013, no Hotel Villa Michelin foi aplicada por uma equipe de sete acadêmicos e atendeu cento e noventa visitantes entre alunos e professores, que percorreram a trilha curta com 1.900m de extensão. Este projeto é o que mais se assemelhou ao modelo de trilha desenvolvido em 2006 e será utilizado para elaboração das próximas etapas deste roteiro.

No caso de uma escola, é importante que se forme uma equipe com, pelo menos, cinco professores de diferentes áreas afins: biologia, matemática, física, química, geografia, etc.

5.3 Preparação da equipe de trabalho

A preparação para orientar os visitantes envolve o deslocamento por todo o percurso, para levantamento dos aspectos relevantes, que serão aprofundados através de pesquisa bibliográfica. Este percurso servirá para definir as estações de trabalho, nas quais experimentos ou medições serão realizados. Neste roteiro, é essencial a delimitação das áreas para a realização de medidas, a fim de trabalhar os conteúdos de matemática, evidenciando suas relações com a interpretação ambiental, uma vez que a

matemática é considerada por vários autores como a “linguagem da ciência”. Antes do início do projeto, é ideal que se realizem, pelo menos, duas visitas ao local.

A partir destas visitas, a equipe de trabalho organiza a distribuição das tarefas entre si, definindo quais conteúdos ou informações serão tratados pelos integrantes individualmente.

5.4 Delimitações das estações de trabalho ou pontos de parada

A preparação da equipe, descrita no item anterior, também inclui o reconhecimento da trilha para delimitação das estações de trabalho, nas quais poderão ser realizadas atividades diferenciadas, como a realização de medidas ou pequenos experimentos e se pode aprofundar as particularidades ecológicas daquele microambiente, de forma interdisciplinar. O total de estações dependerá do número de integrantes da equipe de monitores, mas o tempo de parada em cada uma delas deve prever que a realização das atividades de deslocamento e observações ou medições não ultrapassem uma hora e trinta minutos, para a trilha não se tornar cansativa. Para exemplificar, à escolha das estações utilizaremos o projeto de 2013, na trilha do Hotel Villa Michelin, onde foram definidas cinco estações ou pontos de parada:

Estação 1: neste local há um pequeno parreiral e se pode abordar conteúdos sobre viticultura, plantio de videiras e a elaboração do vinho.

Estação 2: já dentro da mata nativa, nesta parada foi possível explicar o conceito de erosão e a importância das plantas na retenção do solo.

Estação 3: na terceira parada foi discutida a relação dos fungos e sua importância para o solo, descrevendo sua morfologia e diferentes associações que se apresentam com outros organismos.

Estação 4: na quarta parada foram realizadas medidas e observações de um corte transversal de caule, que possibilitaram explicações a respeito da identificação da idade das plantas, através dos anéis de crescimento, tipos de folhas e das medidas de altura das árvores, com a utilização de uma caneta.

Estação 5: no final, foram realizadas atividades e explicações sobre resíduos sólidos e o significado dos 3Rs da preservação ambiental (**reduzir, reutilizar e reciclar**).

Após a conclusão destas cinco etapas, os participantes recebiam uma apostila com atividades de fixação de conteúdos e preenchiam uma avaliação sobre as atividades.

5.5 Organização das atividades na trilha

O tempo total de trilha ecológica deve ser subdividido entre deslocamentos e paradas; nesse sentido, é fundamental manter o cronograma para não prejudicar nenhum membro da equipe. Assim, em uma trilha de uma hora e meia, se deve cronometrar o tempo necessário para percorrer toda sua extensão, destacando aspectos relevantes tais como: características do solo e terreno, presença de umidade ou cursos de água, clareiras ou árvores caídas, espécies nativas, presença de invertebrados ou vertebrados, entre outros. A partir desta cronometragem, divide-se o tempo restante para completar uma hora e meia entre as estações. Ou seja, se o tempo total do percurso levar cinquenta minutos e houver quatro estações, as atividades em cada uma delas não podem ultrapassar dez minutos.

Além desse tempo, pode-se reservar dez minutos iniciais para receber e informar os visitantes sobre as atividades das quais participarão, bem como subdividi-los em grupos. No exemplo de 2013, as turmas de visitantes continham de trinta a cinquenta alunos; neste caso, eram formados dois grupos (A e B) com quinze a vinte e cinco alunos cada um. Enquanto o grupo A seguia com uma das estagiárias que orientava o percurso entre as estações, o grupo B iniciava as atividades na **estação 5** e depois seguia para a **estação 1** acompanhados por outra monitora. Assim, estabelecia-se um intervalo de quinze minutos entre os dois grupos. Neste exemplo, o trabalho em equipe foi assim distribuído: duas estagiárias acompanhavam os grupos ao longo do trajeto, destacando seus aspectos relevantes, enquanto cinco estagiárias coordenavam as atividades nas estações de parada.

Observação: É fundamental que o desenvolvimento das atividades da trilha se dê através de questionamentos aos visitantes. Este é o grande diferencial entre as trilhas estritamente turísticas e as trilhas didáticas. Não ocorrerá alfabetização científica, se os visitantes apenas seguirem passivos ao longo do percurso, recebendo informações prontas e acabadas. Os condutores de trilhas devem questionar e ouvir os participantes, despertando sua atenção e curiosidade, permitindo que atuem e realizem algumas tarefas.

5.6 O controle do tempo

Cada grupo de visitantes tem suas peculiaridades, alguns são mais questionadores, enquanto outros são mais atentos, havendo também os mais bagunceiros, que exigirão chamadas de atenção. Assim sendo, cada monitor deverá ser rigoroso no cumprimento do cronograma, ajustando as explicações de forma a destacar mais detalhes para as

turmas mais atentas ou reduzir os temas, quando houver mais questionamentos ou necessidades de interrupção para reestabelecimento da disciplina.

O ajuste do tempo se dá, principalmente, durante o percurso entre as estações, uma vez que as atividades nas estações já têm o tempo delimitado.

5.7 Interdisciplinaridade nas estações

Uma trilha “alfabetizadora” de novos cientistas, necessariamente, envolve a interdisciplinaridade com a matemática.

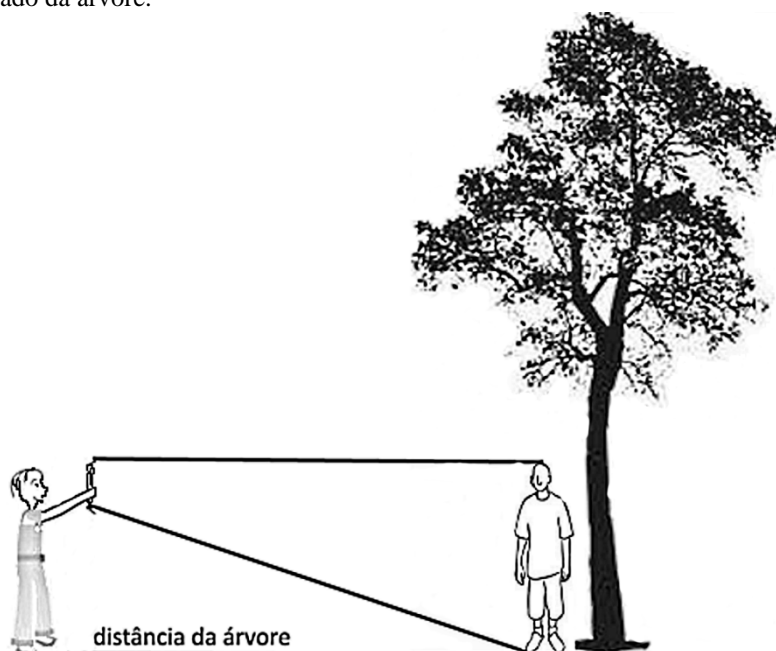
Os conteúdos de matemática podem ser explorados através da demarcação, no solo, de uma área na forma de um quadrado, com um metro de lado, em lugares predeterminados em uma das estações. Esta técnica assemelha-se, em menor escala, aos procedimentos utilizados na pesquisa ecológica, para levantamento da biodiversidade, que estabelece parcelas nas quais são classificadas as espécies observadas.

Para construir o quadrado, os alunos utilizam fita métrica, barbante, estacas, esquadros e transferidores. As noções matemáticas exploradas nesta atividade são as figuras planas e espaciais, ângulos retos e outros tipos de ângulos, unidades de medida de comprimento, instrumentos de medida, múltiplos e submúltiplos do metro, medidas de superfície e perímetro.

Exploraram-se, ainda, as noções de círculo, circunferência, comprimento da circunferência, diâmetro e raio, a partir da medição do perímetro do caule de duas ou três árvores de uma das estações. Neste caso, o ideal é medir o perímetro de dois exemplares de uma mesma espécie, comparando-se as medidas e questionando os participantes sobre a idade relativa entre elas. A ideia é levá-los a identificar qual exemplar é mais velho, justificando sua hipótese com os dados obtidos e os conhecimentos prévios. Se houver necessidade, podem ser formuladas questões que contribuam com o processo.

Outra medição que encanta os participantes é a altura de uma árvore sem a utilização de equipamentos sofisticados. Para medir a altura de uma árvore, não é preciso subir até o topo com uma fita métrica. São necessários apenas um lápis ou uma régua. Inicialmente, é necessário que dois alunos sejam voluntários. O primeiro aluno deverá ter uma medida de fácil cálculo (como por exemplo, 1,5m de altura), este posicionar-se-á ao lado da árvore escolhida (Figura 1).

Figura 1 – Esquema explicativo para medição da altura de uma árvore. A distância entre o medidor e a árvore deve ser suficiente para que haja sobreposição da imagem da régua ou lápis com o colega posicionado ao lado da árvore.



O segundo aluno fará a medição da seguinte forma: com o lápis (ou a régua) na mão, de braço esticado, fará com que o lápis e o colega que está no lado da árvore fiquem sobrepostos e que os dois apresentem o mesmo tamanho. Em seguida o colega que está medindo, sem mudar sua distância em relação à árvore, deverá colocar o lápis na direção da mesma e medir quantos lápis de altura ela possui (na imagem equivaleria a 3 lápis de altura).

Para finalizar um cálculo de matemática, deve ser feito, por exemplo, se a medida da árvore foi de três lápis, esse número deverá ser multiplicado pela altura do primeiro aluno (no exemplo de 1,5m a árvore teria $3 \times 1,5$, ou seja 4,5m). É importante destacar que essa será a altura aproximada da árvore, uma vez que não foram utilizados equipamentos de precisão. O ideal é solicitar que mais de uma pessoa, preferencialmente três, façam a medição para minimizar erros de percepção.

5.8 Atividades de fixação ou avaliação

No final da trilha, poderão ser propostas atividades de fixação ou avaliação para serem elaboradas no local ou entregues posteriormente. Em 2006, apenas os acadêmicos foram avaliados através da observação direta do desempenho, durante a trilha e elaboração de um relatório.

Na trilha do projeto Embrapa Escola, o tempo para esta atividade era muito restrito e se limitou às atividades nas estações. Para os visitantes dos primeiros e segundos anos do Ensino Fundamental, na Chácara Pasqual foram elaborados jogos de tabuleiro, de adivinhação e de memória, mais como um recurso alternativo para evitar que as crianças fossem brincar no parque em momentos de sol forte ou complementar as atividades, caso ocorresse chuva durante a visitação.

A equipe que desenvolveu a trilha no projeto de 2013, elaborou uma apostila com diversos exercícios e atividades para revisar aspectos relevantes de cada uma das estações.

Uma opção apropriada para alunos do Ensino Médio é a elaboração de um relatório. Nesse sentido, é fundamental que eles sejam orientados a fazerem anotações ao longo do percurso.

5.8.1 Modelo para relatório

- a) **Título:** Relatório sobre a Oficina da Trilha ecológica.
- b) **Identificação:** Nome do participante e data da realização da trilha.
- c) **Questões para organizar o relatório** (elaboradas a partir dos aspectos relevantes destacados ao longo do percurso ou nas estações):
- d) **Exemplo das questões sobre a trilha do Carvi:**
 - 1) Caracterize uma planta exótica.
 - 2) Por que algumas plantas exóticas como o *Pinus* (*Pinus eliotis*) e a Uva do Japão (*Hovenia dulcis*) podem ser consideradas pragas?
 - 3) Caracterize uma planta nativa.
 - 4) Dê cinco exemplos de espécies nativas.
 - 5) Quais são as características básicas dos musgos?
 - 6) O que são líquens?
 - 7) Como é possível identificar a idade aproximada de um xaxim (*Dicksonia sellowiana*)? A que grupo de plantas pertence esta espécie?
 - 8) O que caracteriza uma mata “madura”?
 - 9) Por que é preocupante a introdução de espécies exóticas?
 - 10) Destaque e comente três aspectos relevantes da trilha realizada, ressaltando as aprendizagens proporcionadas.

6. Considerações finais

As trilhas aqui propostas podem atender diferentes públicos, uma vez que os monitores utilizem uma didática que prime pelo questionamento, na qual toda a informação é precedida de uma pergunta, que induza a observação detalhada do ambiente e redunde na formulação de comparações e hipóteses explicativas. A conclusão desta atividade pode, portanto, incluir a elaboração de relatórios, os quais deverão ser adaptados às diferentes faixas etárias ou à seriação dos visitantes.

Em relação aos estudantes universitários, a etapa preparatória para conduzir uma trilha ecológica envolve a formação de grupos cooperativos, o conhecimento prévio do local, a pesquisa bibliográfica para aprofundamento das questões mais relevantes e a elaboração de estratégias para viabilizar as atividades, nas estações de trabalho.

Referências

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. (Org.). *Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula*. Joinville: Univille, 2003.

BERNARDI, E. et al. *Análise crítica do projeto interdisciplinar: trilha ecológica do Hotel Villa Michelin*. 2013. 42 p. Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Campus Universitário da Região dos Vinhedos, Universidade de Caxias do Sul. Relatório de Estágio IV, 2013.

BORTOLON, E.; BORTOLI, L. C.; BASSANI, N. T. *Análise crítica do projeto interdisciplinar: trilha ecológica da Embrapa Uva e Vinho*. 2011. 31 p. Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Campus Universitário da Região dos Vinhedos, Universidade de Caxias do Sul. Relatório de Estágio IV, 2011.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental: Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais, Brasília: MEC/SEF, 1998.

BUSETTI, A. et al. Relatório Final do Estágio IV Realizado na Chácara Pasqual. 2012. 46 p. Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Campus Universitário da Região dos Vinhedos, Universidade de Caxias do Sul. Relatório de Estágio IV, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. *Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação*. São Paulo: FTD, 1999.

CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2001.

CUNHA, G. F. *Interação e meio: a filtragem do mundo*. 1999. 259 p. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

CUNHA, G. F. et al. 2013. Environmental educational trails as a tool for interdisciplinarity and environmental education. In: CONVENCION INTERNACIONAL SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO, 9., Resumos expandidos, 2013, p 812-816. (Versão estendida, em português, disponível em: <<http://www.teliga.net/2013/08/trilhas-ecologicas-como-ferramenta-para.html>>).

DEMO, P. *Professor do futuro e reconstrução do conhecimento*. Petrópolis: Vozes, 2004.

DEMO, P. *Educar pela pesquisa*. 9. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

LABOV, J. B.; REID A. H.; YAMAMOTO, K R. Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twenty-first education? *CBE- Life Science Education*, n. 9, p. 10-16, 2010.

NOUVEL, P. *A arte de amar a ciência: psicologia do espírito científico*. Trad. de Fernando Jacques Althoff. São Leopoldo: Ed. da Unisinos, 2001. (Coleção Focus 7).

Capítulo 10

Utilizando fósseis para compreender processos geológicos e biológicos

Manuel Alfredo Medeiros

1. Objetivo: fazer os alunos compreenderem do que se trata a Paleontologia e como pode ser uma ciência tanto básica quanto aplicada.

2. Conteúdo: Ciências da Natureza (Paleontologia – estudo dos fósseis).

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Médio.

4. Referencial teórico

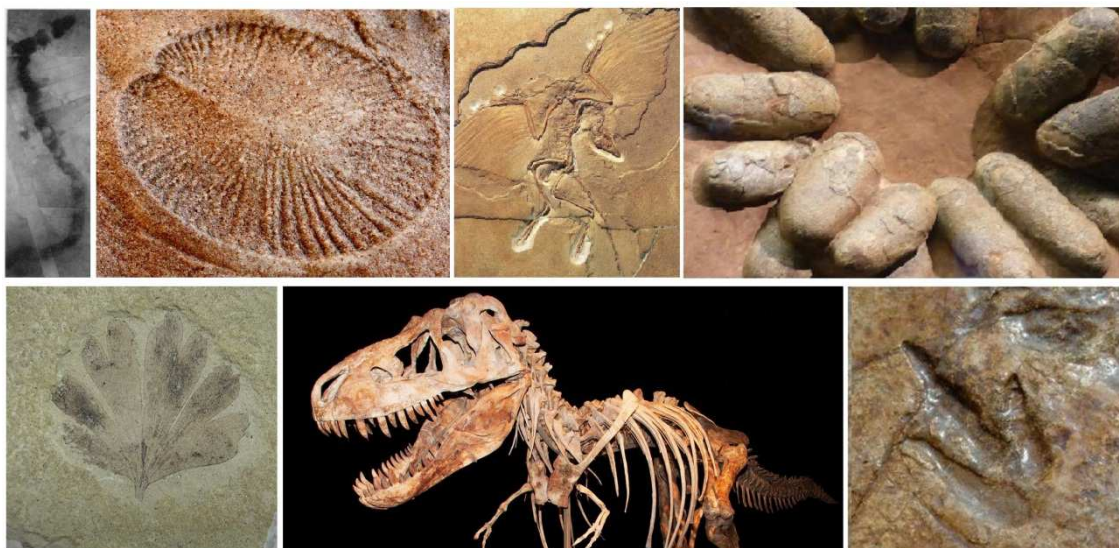
A Paleontologia é a ciência que estuda as formas de vida de épocas passadas, através de seu registro fóssil, ou seja, dos restos que ficaram preservados principalmente em rochas sedimentares. Fósseis são conhecidos e colecionados como curiosidades da natureza há milênios. Os primeiros curiosos que se dedicavam à busca e tentativa de compreensão de fósseis, séculos ou mesmo milênios atrás, careciam de teorias científicas para dar um sentido adequado aos seus achados. Assim, no passado distante, muitas interpretações da natureza do registro fossilífero tendiam para justificativas sobrenaturais, na falta de uma abordagem lógica, que pudesse explicar a existência de formas de vida estranhas e preservadas dentro de rochas sólidas. É plausível supor que várias lendas tenham sido inspiradas em fósseis, porque as estruturas biológicas originais são comumente modificadas pelos processos naturais de fossilização. O material fossilizado frequentemente tem uma aparência estranha, como se tivesse sido afetado por algum evento fantástico e inexplicável. Por exemplo, troncos de árvores fossilizadas são comumente encontrados completamente petrificados; ossos de vertebrados podem ser intensamente impregnados por compostos químicos à base de minerais, tais como: ferro, manganês, silício, entre outros. Isso faz com que estes restos tenham um peso e uma coloração diferentes daqueles do esqueleto de um animal que morreu recentemente. Além disso, muitos fósseis são de espécies extintas, que tinham aparência intrigante e desconhecida. Desta forma, os antigos coletores e avaliadores acabavam chegando a deduções fantásticas, para explicar estes achados. Lendas como a

do dragão chinês, por exemplo, são fáceis de serem associadas ao registro dos fósseis, porque parte do território da China é desértico e repleto de fósseis de dinossauros, alguns muito bem preservados. O achado de um réptil gigante desconhecido por antigos moradores de áreas rurais, há centenas ou milhares de anos, facilmente motivariam a criação da lenda de um animal mítico, que teria vivido em um mundo lendário. Outra história fantástica, que pode ter sido inspirada ou influenciada por achados fósseis é a da medusa: criatura mitológica maligna, que seria capaz de petrificar instantaneamente quem ousasse olhar diretamente nos seus olhos. Restos petrificados de animais, ou mesmo esqueletos parcialmente alterados de seres humanos podem ter ajudado a criar ou consolidar lendas na Grécia antiga.

Algumas interpretações de estudiosos sobre a natureza dos fósseis eram tão imaginativas quanto absurdas há alguns séculos. Achava-se, por exemplo, que alguns fósseis tinham caído do céu ou da Lua, penetrando na rocha sólida. Outra crença que perdurou por séculos foi a de que eles eram naturalmente esculpidos nas rochas por uma força criativa da natureza. A verdadeira origem e a natureza dos processos que produzem fósseis só começaram a ser compreendidos, a partir do século XVII, quando sua análise passou a ser feita sob uma abordagem científica. Mas, mesmo depois disso, muitos investigadores ou entusiastas ainda passariam muito tempo buscando explicações sobrenaturais para entender o registro fossilífero.

Um fato de interpretação fantástica de um fóssil, que ficou conhecido foi o de uma turnê nos EUA, em 1845, do Hydrarchos (Figura 1), propagandeado como uma grande serpente marinha citada em escrituras, mas que, na verdade, tratava-se de fósseis de *Basilosaurus*, uma baleia primitiva.

Figura 2 – Exemplos de fósseis. Da esquerda para a direita, em cima: Cianobactérias; Dickinsonia, um primitivo Eumetazoa; *Archaeopteryx*, primeira ave conhecida; ninho com ovos de dinossauro predador. Em baixo: folha de Gingko; *Tyrannosaurus bataar*, pegada de dinossauro bípede



Fonte das imagens: Schopf (1993).

Como a Paleontologia é uma interface entre a Biologia e a Geologia, porque os fósseis foram organismos vivos, mas se formaram depois de mortos, por mecanismos de deposição de sedimentos (lama, areia, cascalho, etc.) e posterior compactação e consolidação (litificação), a aplicação do estudo dos mesmos se estende à elucidação de processos tanto geológicos (como datação e mapeamento de camadas de rocha) quanto biológicos (como inter-relação evolutiva entre diferentes formas extintas e viventes). Inclusive, os fósseis são empregados comumente na busca por novas jazidas de combustíveis fósseis, como petróleo, gás e carvão. Uma vez que estes combustíveis se formaram por acúmulo e modificação química de matéria orgânica, em camadas geológicas antigas, é comum estarem associadas a estas camadas outras camadas com material fóssil identificável, acima ou abaixo do nível de interesse exploratório, que pode indicar a idade em milhões de anos do depósito de valor econômico e ainda fornecer pistas das condições ambientais em que o depósito se formou. É possível ainda rastrear, através dos fósseis, outras jazidas da mesma idade e origem, que possam estar geograficamente relacionadas a uma já conhecida. Para este tipo de abordagem, se prestam mais os microfósseis, que são restos preservados de partes resistentes de microorganismos, que viveram em épocas passadas e que podem ser resgatados aos milhares, em amostras de algumas gramas de sedimento coletado por sondas perfuratrizas em grandes profundidades.

No presente capítulo analisaremos, através de exercícios, exemplos de como os fósseis podem ser empregados para solucionar problemas, tanto em Geologia quanto em Biologia.

5. Atividades

5.1 Como os fósseis podem ajudar a datar camadas de rocha antigas

A atribuição da idade das rochas antigas é algo almejado por geólogos e paleontólogos desde há muitos séculos, antes mesmo de eles serem assim chamados. Isso porque até o século XIX estes cientistas eram mais reconhecidos como naturalistas.

Suspeitava-se que a Terra era muito antiga, com base nas observações dos processos geológicos e das mudanças nas características de muitas espécies, tanto de invertebrados quanto de vertebrados, representados pelos fósseis coletados nas rochas sedimentares. No século XVII, já se sabia que, em uma sucessão de rochas sedimentares, ou seja, em um conjunto de camadas formadas por diferentes acamamentos sucessivos de lama, areia ou cascalho litificados, as camadas mais basais eram mais antigas. Tanto mais recente seria uma camada quanto mais superior ela fosse, em relação às outras na sucessão. Ou seja, no registro das rochas e dos fósseis encerrados nelas, o tempo teria transcorrido de baixo para cima. Esta interpretação foi introduzida pelo naturalista dinamarquês Nicolau Steno, na segunda metade daquele século. Esta nova maneira de interpretar a organização do registro das rochas e dos fósseis, no tempo, abriria caminho para o desenvolvimento de metodologias que definiriam novas e eficientes formas de esmiuçar o registro temporal encerrado nas rochas sedimentares antigas.

Georges Cuvier, iminente naturalista francês, do início do século XIX, teve uma participação destacada no emprego de assembleias fossilíferas, ou seja, conjunto de fósseis encontrados associados em um mesmo nível sedimentar, para definir camadas de rochas sedimentares, ordenando-as em relação ao tempo. Seus trabalhos com o instrutor da Escola de Mineração de Paris, Alexandre Brongniart, publicados em 1808, foram pioneiros no emprego de fósseis para identificar e ordenar diferentes tempos geológicos. Essa abordagem foi aperfeiçoada e extensivamente empregada como ferramenta prática de mapeamento geológico pelo inglês William Smith que, depois de cerca de 20 anos de trabalho de campo, publicou um detalhado mapa geológico da Inglaterra, em 1815. Destas iniciativas surgiriam posteriormente a Estratigrafia e Bioestratigrafia, importantes ramos das ciências da Terra que, no século XX, revolucionariam o estudo

das sequências de rochas sedimentares e a prospecção de recursos minerais, como petróleo, carvão e gás, em bacias sedimentares.

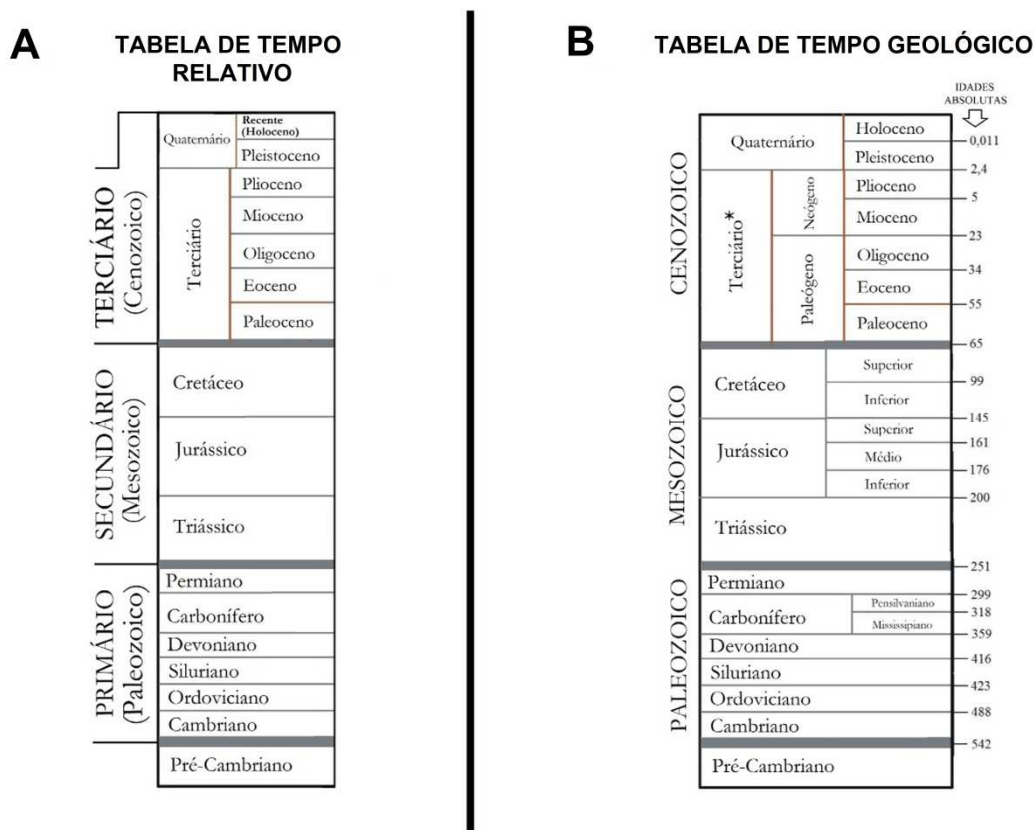
Estas técnicas eram eficientes para definir intervalos de tempo, mas apenas de forma relativa, ou seja, definindo intervalos de tempo que eram mais antigos ou mais recentes, em relação a outro intervalo (datação relativa), mas sem serem capazes de calcular a duração destes intervalos, em termos de números absolutos (datação absoluta). O problema de se determinar efetivamente a antiguidade de camadas de rocha antiga persistiu por séculos e parecia um problema insolúvel. Na virada do século XIX para o século XX, ainda não se tinha resolvido este problema, apesar de já existirem, na época, elaborados esquemas de datação relativa, que definiam a sequência temporal em que se distribuía períodos e eras geológicas (Figura 3A), uns em relação aos outros, inclusive nomeando estes intervalos, apesar de, na época, não se ter ideia de quanto tempo efetivamente cada um teria durado.

Em 1905, o físico neozelandês Ernest Rutherford propôs o uso da radioatividade para calcular a idade absoluta das rochas antigas. Ele compreendeu que a massa original de elementos radioativos (instáveis) como o Urânio, em uma rocha, progressivamente se transformava em elementos estáveis, como o Chumbo. Essa mudança (chamada decaimento radioativo) podia ser calculada em intervalos chamados meia-vida, que é o tempo necessário para que metade da massa de um elemento instável (pai) se transforme em outro elemento (filho). A chave para calcular a idade de uma rocha seria comparar as proporções entre elementos pai e filho envolvidos no processo. Isso daria uma estimativa de quanto tempo teria se passado desde que a rocha se formou. Essa metodologia viria a ser conhecida como datação radiométrica. Desde então, vários trabalhos se dedicaram a datar as muitas sequências já conhecidas e nomeadas, tendo-se sempre em mente o objetivo mais ambicioso que seria a determinação da idade do planeta Terra. Quase meio século seria ainda necessário para que se compreendesse suficientemente os intrincados detalhes envolvidos com o decaimento radioativo e se aperfeiçoassem equipamentos, metodologias e equações para se conseguir finalmente uma medição confiável da idade da Terra. Em 1953, obteve-se um valor estimado em torno de 4,5 bilhões de anos, para a formação do nosso planeta. De lá pra cá, técnicas cada vez mais aperfeiçoadas e análises mais confiáveis que as da época vêm repetidamente confirmando este valor. Com as técnicas de datação suficientemente aperfeiçoadas, foi possível, então, finalmente colocar números (Figura 3B) nas já existentes tabelas de tempo relativo, definindo a duração de cada era, período e até de

subintervalos muito menores, da ordem de poucos milhões de anos ou mesmo de milhares de anos.

Elementos radioativos são comuns em rochas que emergem das profundezas da Terra, como derrames de lava e cinzas vulcânicas. No primeiro exercício deste capítulo, é mostrado de forma simplificada, como se pode atribuir idade a camadas de rochas sedimentares e aos fósseis nelas contidos, a partir de sua posição acima ou abaixo de rochas ígneas. No caso, exemplifica-se o emprego de níveis de cinzas vulcânicas, que são facilmente datáveis por métodos radiométricos, pela presença de elementos radioativos. As cinzas são também convenientes porque podem se espalhar por uma ampla área, levadas pelo vento, antes de precipitar por gravidade, criando um nível datável que pode se distribuir numa amplitude de centenas a milhares de quilômetros.

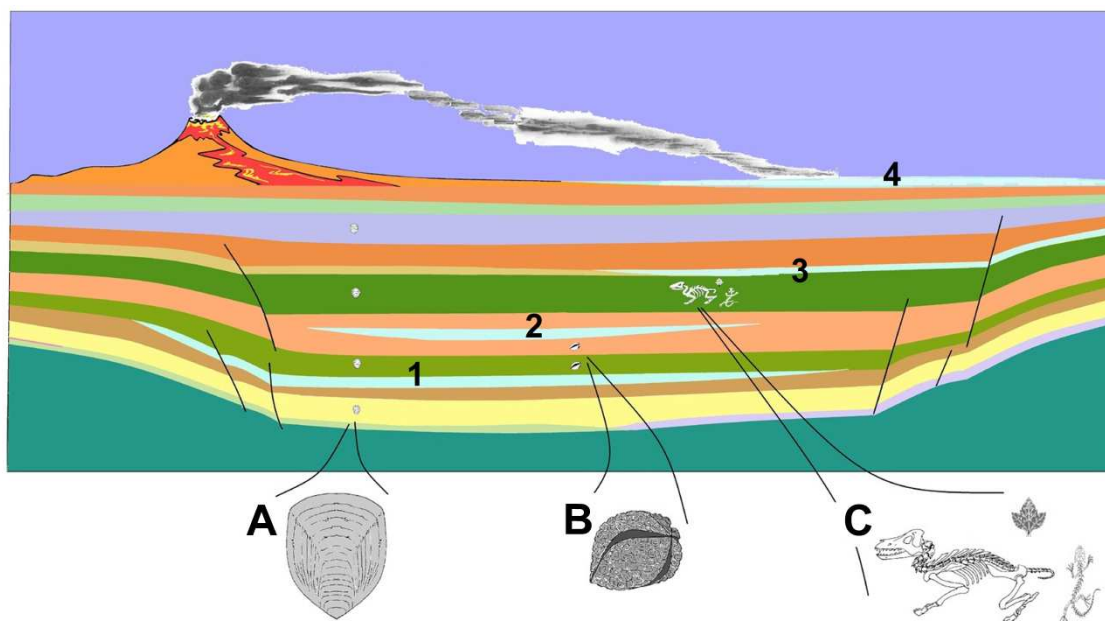
Figura 3 – **A.** Organização dos intervalos de tempo geológico relativo, conforme concebidos no final do século XIX, quando não se conhecia a duração de cada um. Cada intervalo e suas subdivisões foram definidos segundo os fósseis que lhe são típicos. **B.** Tabela de tempo concebida atualmente, com os intervalos definidos em tempo absoluto (em milhões de anos). Note-se que o tempo transcorre de baixo para cima, até a nossa época (Holoceno). Abaixo do pré-cambriano existe um intervalo de bilhões de anos que remonta até a formação da Terra. Não está representado porque o registro fóssil é muito escasso



Fonte: Retirado de Medeiros (2012).

A Figura 4 mostra uma área onde há deposição de sedimentos e onde, por sucessivos intervalos, vários vulcões espalharam cinzas vulcânicas antes de se tornarem inativos. Distinguem-se quatro camadas de cinzas alternadas a camadas sedimentares. Cada camada foi depositada em uma época diferente que foi determinada pelo conteúdo radioativo de cada camada. Note-se que a espécie fóssil A está presente em várias camadas, desde as mais profundas até próximo às mais superficiais. Isso significa que esta espécie existiu por um longo período de tempo, o que a torna pouco útil para datação. Por outro lado, o fóssil B só ocorre entre as camadas de cinzas 1 e 2. Isso significa que sua idade máxima (mais antiga) corresponde à datação da camada 1 de cinzas (cerca de 26 milhões de anos), e sua idade mínima (mais recente) corresponde à datação dada pela camada 2 (cerca de 23 milhões de anos).

Figura 4 – Definição da idade absoluta de fósseis. As várias camadas de cinzas vulcânicas (numeradas) foram depositadas por diferentes vulcões, a maioria extinta (camadas 1, 2 e 3). Elementos radioativos presentes nas cinzas permitem a datação de cada uma das camadas por radiometria. Os fósseis que ocorrem entre duas camadas têm então uma idade máxima e uma idade mínima estabelecida pela datação das cinzas. A camada 1 tem idade absoluta de 26 milhões de anos (m.a.) e a camada 2 foi datada em 23 m.a. Note-se que o fóssil A (espécie de braquiópode) ocorre em camadas acima e abaixo destes marcadores de tempo e, por isso, não serve como fóssil-guia, porque existiu por um intervalo de tempo muito longo. O fóssil B (determinado pólen de angiosperma) só ocorre entre as camadas 1 e 2 e, portanto, é um fóssil-guia porque sua presença em outras camadas sempre determinará uma idade máxima de 26 m.a e uma idade mínima de 23 m.a. para a camada e eventuais outros fósseis que ocorram nela. A camada 3 foi datada em 17 m.a. A camada 4 tem idade atual



Fonte: Adaptado de Medeiros (2012).

Uma vez que se observe, por várias amostragens, que esta forma de fóssil só ocorre mesmo neste intervalo de tempo, este fóssil, em si, passa a ser um indicador desta idade (o que é chamado fóssil-guia), mesmo em regiões onde não há cinzas vulcânicas. A presença deste pólen indicará a idade da camada onde aparece e extrapolará esta idade aos outros fósseis presentes na mesma camada.

5.1.1 Com base no exposto acima e na Figura 4, responda:

- a) Quais as idades mínima e máxima do conjunto de fósseis (C), que ocorre entre as camadas 2 e 3 de cinzas vulcânicas?
- b) Analisando-se o pólen e o mamífero, qual fóssil é mais antigo?
- c) A que intervalos de tempo definidos na tabela da Figura 3B, os fósseis B e C pertencem?

5.2 Como os fósseis revelam o processo evolutivo

Agora que já sabemos como é feita a datação das rochas antigas e dos fósseis, podemos nos concentrar em entender como a definição da idade de sucessivos registros de criaturas extintas pode estabelecer uma ordem cronológica nos acontecimentos biológicos, orientando assim nosso conhecimento sobre o sentido da evolução biológica nos vários grupos de organismos vivos e, inclusive, na nossa própria linhagem evolutiva; a que deu origem à espécie *Homo sapiens*.

Em muitos aspectos, os seres humanos são extremamente sofisticados biologicamente. Tanto que representam a única espécie que conseguiu colonizar praticamente todos os ambientes da superfície da Terra e já caminha para colonizar outros ainda mais inacessíveis e inóspitos, como o fundo dos oceanos e até outros planetas. Esse sucesso adaptativo dá-se, sobretudo, pela tendência observada na linhagem hominídea de desenvolver o córtex cerebral em uma taxa nunca vista em outros grupos de vertebrados. O aumento do cérebro e de sua capacidade de processamento deu à linhagem humana uma característica diferencial que lhe possibilitaria tornar-se, em poucos milhares de anos, o dominador absoluto do planeta Terra. Entretanto, se voltarmos no tempo, analisando regressivamente os vários elos da cadeia evolutiva hominídea, comparando as formas antropóides extintas, veremos que elas, em passos sucessivos, nos ligam aos antepassados dos primatas comuns, que pulam de árvore em árvore nas florestas tropicais e, através deles, voltando ainda mais no tempo, a mamíferos não muito avançados de mais de 60 milhões de anos atrás. Estes,

por sua vez, remontarão nossa linhagem a répteis que conviveram com os primeiros dinossauros, em outra era que precedeu a nossa.

A informação dada pelo registro fóssil, quando datada e organizada cronológica e geograficamente, revela um processo longo e tortuoso, que vem operando há muito tempo, e que é capaz de modificar radicalmente a forma e o funcionamento de organismos primitivos, transformando-os em criaturas cada vez mais sofisticadas, para adaptarem-se a novos desafios ambientais. Entretanto, este mesmo processo pode manter formas quase sem alteração, desde que estejam bem adaptadas a seu ambiente. É o caso, por exemplo, dos crocodilos atuais, que praticamente não se modificaram desde a época em que os grandes répteis dominavam o planeta, há centenas de milhões de anos.

O processo de evolução biológica é claramente observável nas linhagens, nas quais há um bom documentário fossilífero, ou seja, nas linhagens que estão representadas por fósseis em sucessivos períodos registrados em camadas sedimentares. Os mecanismos evolutivos estão sempre em atuação modificando, mesmo que pouco (como no caso dos crocodilos), a morfologia e fisiologia de espécies que se sucedem no tempo. Normalmente, numa escala de milhões de anos, nota-se o acúmulo significativo de características modificadas, produzindo diferenças acentuadas entre os ancestrais e os descendentes, como na linhagem hominídea.

No segundo exercício deste capítulo, compararemos diferentes representantes da linhagem humana ancestral (Figura 5) e veremos que, quando datados e geograficamente comparados, revelam o sentido temporal e espacial do mecanismo de evolução biológica.

Figura 5 – Algumas das principais espécies que se sucederam ao longo da linhagem que daria origem à espécie humana (*Homo sapiens*), que também está representada na figura. *A. afarensis* tem ocorrência no leste africano, tendo aparecido há cerca de 3,9 milhões de anos; *H. ergaster* (também conhecida como *Homo erectus* africano) se originou na África há estimados 1,8 milhões de anos; *H. heidelbergensis* surgiu na África há cerca de 700 mil anos, tendo depois se espalhado também pela Ásia e Europa; *H. habilis* está representado na África desde há uns 2,4 milhões de anos; e *Homo sapiens*, a única que não foi extinta, também aparece primeiramente no registro fóssil na África, entre 100 e 200 mil anos, para depois ser registrada na Ásia, Europa e Oceania. A figura ilustra também como era a Terra durante o desenvolvimento da linhagem homínida, com calotas glaciais mais expandidas que hoje. Ilustração da Terra modificada do Google Earth



Fonte: Arqueologia e história (2013).

Para resolver o exercício, é preciso ter em mente que as informações das ocorrências temporal e espacial de cada fóssil são cruciais para entender sua história evolutiva, deduzindo onde aquele seguimento da linhagem teria se originado e como teria se distribuído espacialmente. Assim, observando a Figura 5, vemos cinco das principais espécies já identificadas na linhagem que deu origem aos seres humanos modernos, incluindo o próprio *Homo sapiens*, com os principais dados temporais e espaciais. Abaixo, na figura, um mapa mostrando como era o planeta Terra, durante o

intervalo de tempo (últimos 4 milhões de anos), em que os hominídeos estavam em franca evolução.

5.2.1 Comparando as informações de cada espécie da Figura 5, responda:

- a) Qual a sequência evolutiva lógica que encadeia estas cinco espécies ao longo do tempo?
- b) Qual a espécie mais primitiva dentre as que estão representadas?
- c) Em que continente teria surgido a nossa espécie?
- d) Tente destacar algumas modificações morfológicas facilmente observáveis nos crânios dos hominídeos ao longo da evolução desta linhagem.

6. Respostas das atividades

6.1 Resposta do Exercício 5.1.1

- a) Idade mínima = 17 m.a. e idade máxima = 23 m.a.
- b) O pólen.
- c) B = Oligoceno; C = Mioceno.

6.2 Resposta do Exercício 5.2.1

- a) *Australipithecus afarensis* → *Homo habilis* → *H. ergaster* → *H. heidelbergensis* → *H. sapiens*
- b) *Australipithecus afarensis*
- c) África
- d) Modificações: (1) aumento do volume do crânio; (2) mudança de um crânio alongado para mais esférico; (3) diminuição da crista supraorbital (protuberância óssea acima dos olhos) (4) retração do limite anterior da maxila.

Referências

ARQUEOLOGIA e História. 2013. Disponível em: <<https://arqueologiaeprehistoria.com/>>. Acesso em: 7 maio 2017.

ENCYCLOPEDIA of Alabama. Alabama Humanities Foundation. 2016. Disponível em: <<http://www.encyclopediaofalabama.org>>. Acesso em: 7 maio 2017.

SCHOPF, W. J. Microfossils of the early archean apex chert: new evidence of the antiquity of life. *Science*, New Series, v. 260 (5108), p. 640-646, 1993.

Bibliografia consultada

CARVALHO, I. S. *Paleontologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. v. 1.

COPPENS, Y. 2013. Hominid evolution and the emergence of the genus Homo. In: BATTRO, A.; S. DEHAENE, S.; SINGER, W. (Ed.). *Neurosciences and the human person: new perspectives on human activities* (Scripta Varia, **121**). Vatican City, 2013.

GRINE, F.E.; FLEAGLE, J.G.; LEAKEY, R. E. (Ed.). *The first humans: origin and early evolution of the genus homo*. New York: Springer, 2009.

MEDEIROS, M. A. *Paleontologia*. São Luís: UFMA/NEAD, 2012. Apostila didática.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. *História ecológica da terra*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Nacional, 2009.

Entendendo a importância dos fósseis para a datação de rochas

Marina Bento Soares

1. Objetivo: demonstrar a utilidade dos fósseis na ordenação temporal das camadas de rochas e na correlação entre camadas de rochas (datação relativa), através do entendimento dos princípios utilizados na Bioestratigrafia; integrar os métodos de datação relativa com os métodos de datação absoluta de rochas.

2. Conteúdo: Geociências, Ciências da Natureza, História, Química e Matemática.

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Médio.

4. Referencial teórico

Quando se fala em Paleontologia, dentre as diversas curiosidades que esta ciência suscita, uma das mais recorrentes tem relação com o tempo: como se sabe a idade da Terra? Como se sabe a idade das rochas e dos fósseis? Muitos estudantes, e mesmo o público leigo, trazem a ideia de que tudo, desde rochas, múmias e até dinossauros, pode ser datado pelo famoso método do Carbono 14, o que não é real.

Para introduzir essa discussão, vamos observar a Tabela do Tempo Geológico. Ao nos depararmos com essa tabela, com suas divisões já bem-estabelecidas (Figura 1), não nos damos conta de todo o conhecimento geológico e biológico que foi se acumulando ao longo dos séculos e que possibilitou a sua construção.

Para se ter uma ideia, até o final do século XVIII, a ciência ainda era muito influenciada pela Igreja e havia a crença de que a Terra era muito jovem, com não mais do que 6.000 anos de história. (FAIRCHILD et al., 2000). Nesta perspectiva, todas as rochas e seres vivos haviam sido criados quase que simultaneamente. Os fósseis, por sua vez, incluindo os grandes dinossauros, eram interpretados como seres vivos que não haviam sobrevivido ao Dilúvio Universal e utilizados como testemunhos desse evento bíblico. Esta visão começou a mudar em 1795 quando James Hutton (1726-1797) publicou **Teoria da Terra** (*Theory of the Earth*), obra que mudou a tradicional concepção de uma Terra jovem para a de uma Terra “*sem vestígio de um começo, sem perspectiva de um fim*”. Observando formações de rochas sedimentares da Escócia, Hutton percebeu que estas eram produto da erosão de outras rochas, mais antigas ainda,

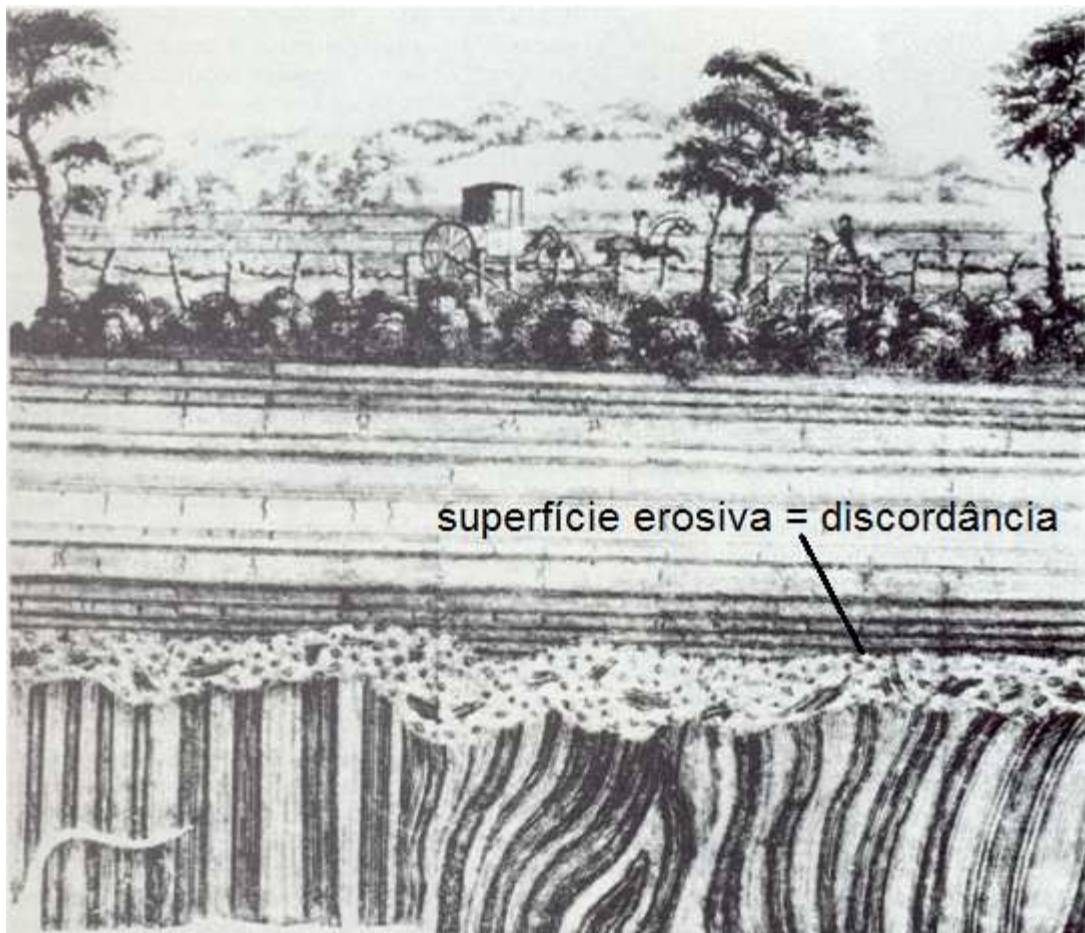
e que as feições geológicas eram consequência de eventos que ocorreram na história do planeta em um tempo muitíssimo superior àquele, até então apontado. E mais que isso, Hutton concluiu que imensos intervalos de tempo poderiam estar “suprimidos” nas sequências de rochas observadas por ele. Ele reconheceu que as diferentes sequências de rochas (que eram produto de um mesmo evento de deposição) eram limitadas na base e no topo pelo que ele chamou de **discordâncias** (Figura 2). Estas superfícies, em geral erosivas, representariam hiatos temporais durante os quais ou não teria ocorrido deposição de sedimentos, ou os sedimentos depositados teriam sido erodidos. (CARNEIRO et al., 2005). A partir dessa gama de observações, Hutton introduziu o conceito de **tempo profundo**, um tempo de tal magnitude, que foge completamente aos padrões referenciais humanos. (GOULD, 1991).

Figura 1 – Tabela do Tempo Geológico fora de escala

ZON	ERA	PERÍODO		IDADE (Ma)
		ÉPOCA		
FANEROZOICO	CENOZOICA	Quaternário	Holoceno	0,01
			Pleistoceno	
		Neógeno	Plioceno	2,5
			Mioceno	5,3
			23	
		Paleógeno	Oligoceno	33
			Eoceno	56
			Paleoceno	66
		MESOZOICA	Cretáceo	
	Jurássico		201	
	Triássico		252	
	PALEOZOICA	Permiano		298
		Carbonífero		358
		Devoniano		419
Siluriano		445		
Ordoviciano		485		
Cambriano		541		
PRÉ-CAMBRIANO	PROTEROZOICO		2.500	
	ARQUEANO		4.000	
	HADEANO		4.600	

Fonte: Baseada na Carta Estratigráfica Global 2016, da Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS, 2016).

Figura 2 – Representação de um afloramento no sul da Escócia, ilustrado no Livro *Theory of the Earth* (Teoria da Terra), de James Hutton



Fonte: Modificado de Gould (1991).

O magnífico *insight* de Hutton sobre a imensidão do tempo geológico teve sua fundamentação nos estudos de Steno (Nicolás Stenon, 1638-1686), considerado o “pai da Estratigrafia”. Steno contribuiu de forma essencial no entendimento de como se dá a formação das sequências de rochas sedimentares. Ele estabeleceu o principal princípio que até hoje fundamenta a Estratigrafia (ramo da geologia que estuda as sequências de camadas de rochas sedimentares – ou estratos – e a sua idade, buscando determinar os processos e eventos que as formaram). O princípio de Steno é conhecido como **Princípio da Superposição**, que postula que, em qualquer sucessão de estratos de rochas (que não tenha sofrido deformação), o estrato mais antigo posiciona-se mais abaixo, com os estratos sucessivamente mais jovens, posicionando-se acima. (DOTT; PROTHERO, 1994). Steno teve um grande mérito em esclarecer como as sequências de rochas sedimentares eram depositadas, mas não respondeu como se poderia saber se

duas camadas de rocha, com a mesma litologia (mesma composição), aflorando em duas áreas geográficas distintas, faziam ou não parte de um mesmo evento de deposição, ou seja, se tinham ou não a mesma idade. Isso porque, a natureza das rochas sedimentares (por exemplo, argilitos, siltitos, arenitos) não mudou ao longo dos bilhões de anos da história da Terra. Assim, podemos ter um arenito de 800 milhões de anos com as mesmas características de um arenito de 60 milhões de anos. Como diferenciá-los em termos temporais?

Foram os fósseis que, entrando em cena, ajudaram a elucidar esta problemática. A partir do trabalho de dois cientistas – Georges Cuvier (1769-1832) e William Smith (1769-1839) –, os fósseis tornaram-se importantes ferramentas para a datação das camadas de rochas. Assim, dois novos princípios, utilizando fósseis como ferramentas, foram concebidos: **Princípio da Sucessão Fóssil** e **Princípio da Correlação Fóssil**. (FAIRCHILD et al., 2000; CARNEIRO et al., 2005).

O princípio da **Sucessão Fóssil** (ou Sucessão Biótica) assume que grupos de fósseis ocorrem no tempo geológico em uma ordem determinada, que reflete a evolução da vida na Terra. Fósseis mais antigos posicionam-se nos estratos mais inferiores e fósseis mais jovens, nos mais superiores. Comparando-se duas camadas de rocha, portando, diferentes fósseis, a que abriga o fóssil mais antigo será, portanto, a mais antiga, independentemente dela estar posicionada abaixo (como seria esperado) ou acima da outra. Aqui é importante lembrar que, depois que os sedimentos são depositados horizontalmente e se transformam em camadas rochas, as camadas podem sofrer deformações, através de falhamentos e dobramentos, que podem alterar a ordem original de deposição. Por isso, o princípio da Sucessão Fóssil é bastante útil.

O princípio da **Correlação Fóssil** estabelece que os fósseis se sucedem no tempo geológico em idades determinadas. Assim, camadas de rochas contendo os mesmos fósseis podem ser correlacionadas temporalmente, mesmo que distantes geograficamente.

Com o auxílio dos fósseis, através dos dois princípios citados, estavam criadas as bases para um correto empilhamento das camadas de rochas e sua correlação temporal. Esse método é conhecido como **Correlação Bioestratigráfica**. O “pai” do método, William Smith, foi, também, o fundador da **Bioestratigrafia**, ramo das geociências que se preocupa com a variação temporal e espacial do conteúdo fossilífero nas sucessões de camadas sedimentares. As correlações bioestratigráficas entre camadas de rocha são realizadas com a utilização de fósseis (gêneros, espécies), que reúnem uma série de características especiais. Estes são chamados de **fósseis-guia** ou **fósseis-índice**. Além da

grande distribuição geográfica (cosmopolitas), esses fósseis devem apresentar curta amplitude vertical (ter surgido e se extinguido rapidamente); devem ter rápida taxa de dispersão, devem ser facilmente identificáveis e devem ser abundantes. (ROHN, 2010). Os melhores fósseis-guia são organismos marinhos, de preferência, de hábito plantônico.

A bioestratigrafia nos permite estabelecer uma **Datação Relativa**, ou seja, sabermos a ordem temporal na qual as camadas de rochas, portando, fósseis, foram depositadas. Entretanto, não nos permite dizer a idade destas camadas em termos absolutos, isto é, em bilhões, milhões ou milhares de anos. Mesmo com esta limitação, a datação relativa, através do uso dos fósseis, permitiu, ainda no século XIX, o estabelecimento da Tabela do Tempo Geológico (Figura 1), que sofreu poucas modificações desde então, em termos de organização. Esta tabela foi primeiramente baseada em afloramentos de rochas sedimentares da Europa, sendo posteriormente estendida para outros continentes. Por este motivo, a maioria dos nomes dos períodos geológicos faz alusão à alguma localidade ou povo do continente Europeu. Por exemplo, o nome Cambriano vem de Cambria, que é o termo latino para Gales, onde suas rochas foram primeiramente estudadas; Siluriano homenageia a tribo dos Silures, que habitava uma região do país de Gales; Jurássico faz referência às montanhas Jura, na Suíça. (DOTT; PROTHERO, 1994), e assim por diante. Todas as divisões e subdivisões da tabela refletem mudanças faunísticas e florísticas observadas nas sequências de rochas ao longo do planeta, sejam mudanças menores, que caracterizam os diferentes períodos, sejam mudanças mais drásticas, como as **extinções em massa**. (SCHULTZ, 2010). De fato, as duas primeiras grandes Eras do Eon Fanerozoico – Paleozoica e Mesozoica – têm o seu final marcado por megaeventos de extinção, ocorridos, respectivamente, no final dos períodos Permiano e Cretáceo.

O grande avanço científico, que os métodos de datação relativa trouxeram, permitiu melhor entendimento de que o tempo profundo, descoberto por James Hutton, era muito profundo mesmo, talvez com uma escala de bilhões de anos. Mas, como estimar com precisão este tempo? Foi só no início do século XX que uma nova metodologia emergiu. Com a descoberta da **radiatividade** e de que alguns elementos químicos presentes nas rochas emitiam radiação a taxas constantes, foi desenvolvido o método de **Datação Absoluta** das rochas. (CARNEIRO et al., 2005). Para entendermos essa metodologia, vamos ter que compreender alguns conceitos sobre isótopos radiativos.

Os isótopos são elementos que apresentam o mesmo número atômico (Z), mas diferentes números de massa (A). Alguns destes isótopos, chamados isótopos radiativos, são instáveis na natureza e, devido a isso, têm a tendência a se transformarem em outro elemento mais estável. Nessa transformação, denominada **decaimento radiativo**, radiação é emitida e calor é liberado. O decaimento radiativo é um processo lento que ocorre a uma taxa constante chamada meia-vida. Cada tipo de isótopo radiativo tem sua específica meia-vida. Como já comentado, um dos isótopos radiativos mais conhecidos é o Carbono 14 (^{14}C), que apresenta seis prótons e oito nêutrons. As plantas, ao realizarem a fotossíntese, absorvem CO_2 . Este CO_2 é composto tanto por átomos de ^{12}C (99%), um isótopo estável (que não sofre decaimento radiativo), quanto de ^{14}C , o isótopo instável. Os animais, que são consumidores na cadeia alimentar, incorporam em seus tecidos parte do carbono presente nas plantas, na forma de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Assim, tanto o ^{12}C quanto o ^{14}C são componentes de todos os tecidos vivos. (FAIRCHILD et al., 2000). Ossos, assim como os demais tecidos vivos, acumulam ^{14}C . A meia-vida do ^{14}C é de 5.730 anos. Isso significa que a cada 5.730 anos metade dos átomos do isótopo original (isótopo-pai) se transformam em átomos do isótopo-filho (^{14}N). É a proporção entre o percentual de átomos de ^{14}C e de ^{14}N que nos permite saber quantas meias-vidas transcorreram desde a morte de um animal, permitindo sua datação. A datação por $^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$ é utilizada em materiais não muito antigos, por exemplo, múmias egípcias com alguns poucos milhares de anos e fósseis do período Pleistoceno. Materiais mais antigos, que cerca de 50.000 anos, não são passíveis de datação por ^{14}C (CARNEIRO et al., 2005). Em geral, depois de oito meias-vidas, quase mais nada de ^{14}C permanece em uma amostra de osso, tendo todos os átomos se transformado em ^{14}N . Infelizmente, não há outros métodos de datação radiométrica, que possam ser aplicados em fósseis mais antigos do que 50.000 anos, já que outros isótopos radiativos não são encontrados na composição química dos tecidos dos seres vivos. Mas, por outro lado, há isótopos radiativos com meias-vidas muito superiores às do ^{14}C , que são utilizados para a datação de rochas. É o caso dos métodos $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$; $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$; $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, todos eles baseados em meias-vidas de bilhões de anos. Parte-se do princípio de que uma rocha é um “sistema fechado”, cuja composição química não sofre alterações, ao longo do tempo, por influência de fatores externos. Sendo assim, qualquer alteração química, que ocorrer na rocha vai ser devida ao decaimento radiativo dos isótopos instáveis, presentes nessa rocha desde o momento de sua cristalização. Isso é válido somente para rochas ígneas, a partir de sua cristalização e para rochas metamórficas, depois de sua recristalização. (DOTT; PROTHERO, 1994). As rochas sedimentares, que são formadas

por partículas destes tipos de rochas (ígneas e metamórficas) ou, ainda, por partículas de outras rochas sedimentares e restos esqueléticos de organismos (SIMÕES et al., 2015), não podem ser datadas pelos tradicionais métodos baseados em isótopos radiativos. Isso se deve ao fato de que é impossível saber quando determinado isótopo foi incorporado à rocha sedimentar.

A datação radiométrica das rochas é feita por um equipamento denominado Espectrômetro de Massa. A idade de 4,6 bilhões de anos inferida para a Terra por Patterson, em 1956, foi baseada na datação de meteoritos que atingiram a Terra na época de sua formação. (FAIRCHILD et al., 2000). Foi também com esta metodologia que as rochas mais antigas preservadas na Terra foram descobertas. São zircões de 4,4 bilhões de anos (Ga) que ocorrem na Austrália (Conglomerado de Black Hills), datados pelo método $^{238}\text{U}/^{206}\text{P}$. (VALLEY et al., 2014).

Voltando à Tabela do Tempo Geológico, se ela é baseada no empilhamento temporal de rochas sedimentares portadoras de fósseis, que não são passíveis de datação por métodos de isótopos radiativos, então, como a datação absoluta auxiliou no refinamento das idades dos Éons, das Eras, dos Períodos, etc.? Bem, em muitos locais onde afloram rochas sedimentares, ocorrem, também, rochas ígneas, como, por exemplo, cinzas vulcânicas, intrusões de granito, derrames de basalto, que podem ser datadas em termos absolutos. Assim, mesmo não sendo possível quantificar em números a idade das rochas sedimentares aflorantes na superfície terrestre, pode-se, de tempos em tempos, obter a idade absoluta de rochas ígneas, que vão limitar temporalmente as camadas de rochas sedimentares, e seus fósseis, dentro de determinado intervalo de tempo. Isso, então, é utilizado para calibrar as idades relativas propostas na tabela. De fato, o “casamento” entre os métodos de datação relativa e os métodos de datação absoluta permitiu o atual nível de refinamento da Tabela do Tempo Geológico, mostrando que a amplitude temporal dos períodos geológicos, definidos ainda no século XVIII, era bem maior do que se pensava.

A atividade a seguir vai apresentar uma situação-problema, que, para ser resolvida, vai demandar a integração dos conhecimentos sobre datação relativa, utilizando fósseis, e sobre datação absoluta de rochas.

5. Atividade

Os três perfis geológicos abaixo (P1, P2 e P3) representam sequências de camadas de rochas contendo fósseis que afloram em três localidades de um mesmo município, distantes cerca de dois quilômetros entre si (Figura 1). Essas rochas foram depositadas

ao longo de milhões de anos em um ambiente marinho raso. Hoje, este mar não existe mais e as suas rochas encontram-se expostas na superfície terrestre. Alguns animais invertebrados que viviam nesse mar antigo morreram, foram soterrados e preservados como fósseis nestas rochas. Restos de plantas terrestres foram transportados pelos rios até o mar, soterrados, também sofrendo fossilização posterior.

Informações importantes:

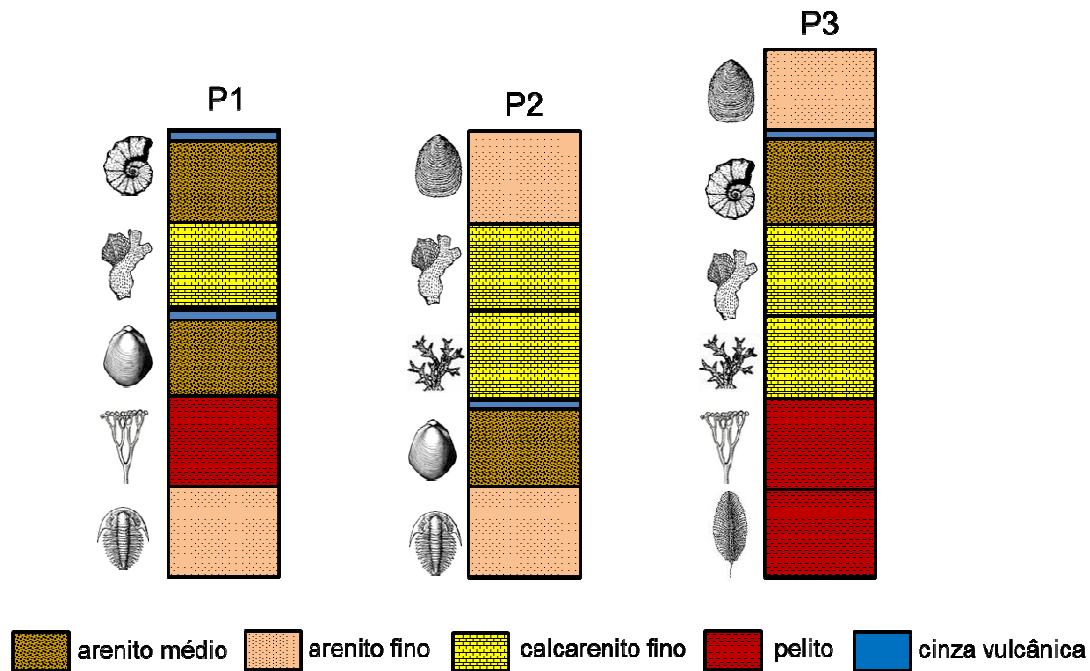
1. Nesta área geográfica, que há milhões de anos abrigava um ambiente marinho raso, todas as camadas foram depositadas horizontalmente, formando uma sequência contínua de camadas de rochas (sedimentares e ígneas).
2. Cada camada foi depositada durante UM determinado período geológico e contém apenas UM tipo de fóssil.
3. A sequência toda corresponde ao intervalo de tempo situado entre os períodos Cambriano e Paleoceno.
4. Existe um hiato temporal, em que não houve deposição de sedimentos e, conseqüentemente, formação de rochas. Este hiato abrange DOIS períodos geológicos.
5. Hoje, esta sequência só aflora em três pontos, distantes entre si, de onde se obteve os perfis geológicos 1, 2 e 3. Em cada perfil, a sequência original está INCOMPLETA, uma vez que algumas camadas foram erodidas localmente.

As camadas de rochas dos três perfis podem ser correlacionadas com base no seu conteúdo fossilífero, segundo dois princípios:









PRINCÍPIO DA SUCESSÃO FÓSSIL: Grupos de fósseis ocorrem no tempo geológico em uma ordem determinada, que reflete a evolução da vida na Terra. Fósseis mais antigos posicionam-se nos estratos mais inferiores e assim sucessivamente. Um período geológico pode ser reconhecido pelo seu conteúdo fossilífero.

PRINCÍPIO DA CORRELAÇÃO FÓSSIL: Fósseis sucedem-se no tempo em idades determinadas. Assim, os estratos contendo fósseis podem ser correlacionados, e sua idade pode ser inferida com base no seu conteúdo fossilífero.

Figura 3 – Perfis geológicos (P1, P2 e P3) esquemáticos, mostrando as litologias das camadas de rocha e os fósseis encontrados em cada camada



Quadro 1 – Identificação taxonômica dos fósseis e suas amplitudes temporais (estratigráficas)

	Braquiópode terebratulida: <i>Podolella</i> Amplitude estratigráfica: Devoniano (D)		Braquiópode lingulida: <i>Lingula</i> Amplitude estratigráfica: Cretáceo(K) ao Recente (R)
	Graptozoário: <i>Phyllograptus</i> Amplitude estratigráfica: Ordoviciano (O)		Coral escleractíneo indeterminado Amplitude estratigráfica: Triássico (TR) ao Recente (R)
	Planta rhyniophyta: <i>Cooksonia</i> Amplitude estratigráfica: Siluriano (S)		Trilobita redlichiiida: <i>Olenellus</i> Amplitude estratigráfica: Cambriano (C)
	Molusco amonoide: <i>Acanthoceras</i> Amplitude estratigráfica: Cretáceo (K)		Briozoário cheilostomata indeterminado Amplitude estratigráfica: Jurássico (J) ao Recente (R)

Questionamentos:

1) As camadas de cinza vulcânica foram datadas pelo método Potássio-Argônio ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$). Na camada mais inferior de cinza vulcânica, obteve-se que, desde o momento de cristalização da rocha transcorreu 1/3 do tempo da primeira meia-vida do ^{40}K . Já na camada mais superior de cinza, transcorreram somente 6% da primeira-meia vida do ^{40}K . Sabendo-se que a meia-vida do ^{40}K é de 1,25 bilhões de anos, calcule as idades em milhões de anos das duas camadas de cinza-vulcânica.

2) Com base nos valores obtidos, e consultando a Tabela do Tempo Geológico, indique em quais períodos geológicos estas duas camadas de cinza vulcânica foram depositadas.

3) De acordo com o Princípio da Correlação Fóssil, fazer a correlação bioestratigráfica entre as camadas dos três perfis, através da delimitação de bio-horizontes. Para isso, você deve ligar, com uma linha pontilhada, a base e o topo de cada camada à base e ao topo da(s) sua(s) camada(s) correspondente(s) nos três perfis.

4) Com o auxílio dos dados obtidos nas datações radiométricas, e lembrando que cada camada foi depositada durante UM determinado período geológico e que contém apenas UM tipo de fóssil, indique o período geológico em que foi depositada cada camada. Para isso, baseie-se no Princípio da Sucessão Fóssil e consulte o Quadro 1.

5) Quais os períodos que não estão representados nos perfis e qual a abrangência (em milhões de anos) deste hiato temporal?

6) Empilhe, na forma de desenho, todas as camadas em um perfil composto, indicando o período de deposição de cada camada.

6. Respostas

1) Se na camada mais inferior de cinza vulcânica transcorreu 1/3 do tempo da primeira meia-vida do ^{40}K , isso significa que temos que saber quanto é 30% de 1,25 bilhões de anos ($1,25 \times 10^9$ anos). No caso da segunda camada, temos que calcular quanto é 6% de 1,25 bilhões de anos ($1,25 \times 10^9$ anos), ou seja, tempo da primeira meia-vida do ^{40}K .
Camada de cinza vulcânica inferior: $1,25 \times 10^9 \times 0,3 = 0,357 \times 10^9 = 357$ milhões de anos
Camada de cinza vulcânica superior: $1,25 \times 10^9 \times 0,06 = 0,075 \times 10^9 = 75$ milhões de anos

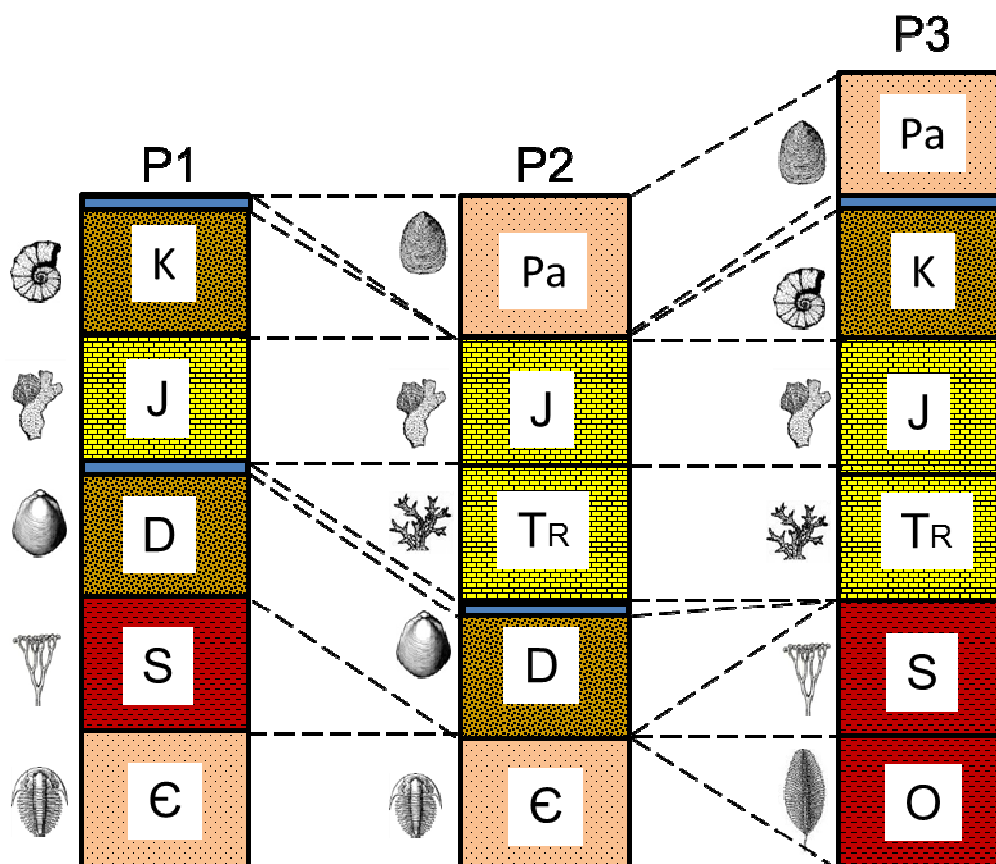
2) Camada de cinza vulcânica inferior: 357 milhões de anos = período Devoniano;
Camada de cinza vulcânica superior: 75 milhões de anos = Período Cretáceo (ver Figura 1 – Tabela do Tempo Geológico).

3) Na Figura 4 foram traçadas linhas pontilhadas ligando o topo e a base das camadas correlacionáveis entre si. Caso uma camada não esteja representada em um dos perfis, a linha pontilhada deve indicar a posição em que ela deveria estar, se não tivesse sido erodida. Os fósseis é que indicam quais camadas devem ser relacionadas entre si. A Figura 4 já mostra os períodos geológicos atribuídos para cada camada, indicados por seus símbolos (consulte o Quadro 1).

4) Partindo-se das informações fornecidas na introdução da atividade, sabemos que cada camada representa apenas UM período geológico e porta apenas UM fóssil. Sabemos também que a camada inferior de cinza vulcânica foi datada em 357 milhões de anos (Devoniano). Isso significa que as quatro primeiras camadas da sequência, confinadas abaixo desta camada de cinza vulcânica, podem abranger somente os períodos Cambriano, Ordoviciano, Siluriano e Devoniano. Assim, pelo Princípio da Sucessão fóssil, que diz que a camada mais antiga é aquela que porta o fóssil mais antigo e assim sucessivamente, e com base no Quadro 1, temos: arenito fino com trilobita = Cambriano; pelito com graptozoário = Ordoviciano; pelito com planta rhyniophyta = Siluriano; arenito médio com braquiópode terebratulida = Devoniano.

Acima da camada do Devoniano, temos uma camada de calcarenito com um coral escleractíneo indeterminado. Devido ao fato de sua identificação taxonômica ao nível de gênero não ter sido feita, este não é um bom fóssil-guia para datação. Somente com este dado não é possível dizermos a idade da referida camada de calcarenito, que pode abranger um tempo que vai desde o Triássico até o Recente. Só sabemos que ela é mais jovem que 357 milhões de anos, por estar situada acima da primeira camada datada de cinza vulcânica, e que é mais jovem que 248 milhões de anos, porque aí inicia o Triássico. O mesmo acontece com a outra camada de calcarenito logo acima, já que ela contém um briozoário cheilostomata indeterminado, que pode ser registrado desde o Jurássico até o Recente. Entretanto, com esta informação já podemos dizer que a camada portando o briozoário não pode ser triássica, já que o registro do táxon ocorre somente a partir do Jurássico. Sendo assim, podemos inferir que a primeira camada de calcarenito com o coral escleractíneo, que está abaixo da camada com o briozoário, tem uma idade triássica. Por outro lado, se o molusco amonoide aponta uma idade cretácea para a camada de arenito médio acima da camada de calcarenito fino, com o briozoário (o que foi corroborado pela datação da camada superior de cinza vulcânica = 75 Ma), e a camada de calcarenito fino com o coral escleractíneo tem idade triássica, então a camada portando o briozoário só pode ser jurássica. Agora só falta a camada mais superior, contendo o braquiópode *Lingula*. Esta camada é mais jovem que 75 milhões de anos, já que está situada acima da camada superior de cinza vulcânica datada radiometricamente. Esse intervalo de tempo pode abranger desde o Cretáceo até o Recente. Mas, devido à camada de arenito médio com o molusco amonoide ter sido datada como Cretáceo e a sequência toda só ir até o Paleoceno, então a camada de arenito fino com a *Lingula* só poder ter idade paleocênica.

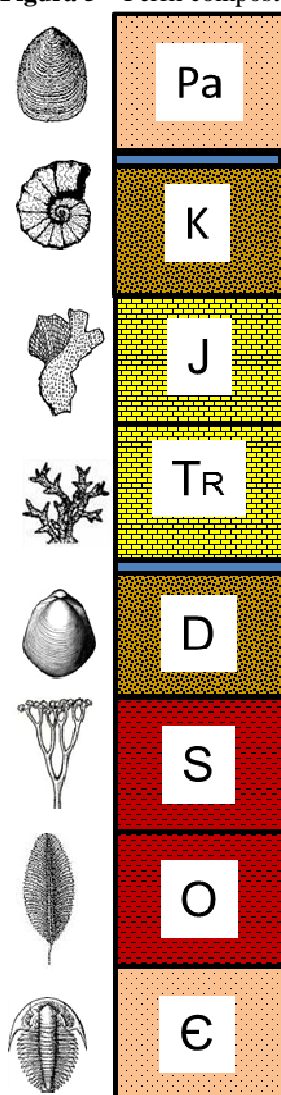
Figura 4 – Correlação bioestratigráfica entre as camadas dos três perfis



5) Os períodos não representados são o Carbonífero (354 a 290 Ma) e o Permiano (290 a 248 Ma). A abrangência total do hiato temporal é de 106 milhões de anos.

6) O perfil composto (Figura 5) foi construído através do empilhamento de todas as camadas da sequência, integrando os três perfis (P1, P2 e P3) em um único. Este empilhamento reflete a ordem de deposição original dos sedimentos na região estudada (no caso do exercício, uma área geográfica que há milhões de anos era um ambiente marinho raso), antes de algumas camadas serem erodidas.

Figura 5 – Perfil composto



Referências

CARNEIRO, C.D.R.; MIZUSAKI, A.M.P.; ALMEIDA, F.F.M. A determinação da idade das rochas. *Terra Didacticae*, v. 1, n. 1, p. 6-35, 2005.

DOTT, R.H.; PROTHERO, D.R. *Evolution of the Earth*. 5. ed. McGraw-Hill. 1994.

GOULD, S. J. *Seta do Tempo, Ciclo do Tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico*. São Paulo: Companhia das Letras, 1991.

FAIRCHILD, T.; TEIXEIRA, W.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

ICS. Comissão Internacional de Estratigrafia, 2016. Disponível em: <<http://www.stratigraphy.org>>. Acesso em: 6 maio 2017.

ROHN, R. Uso estratigráfico dos fósseis e tempo geológico. In: CARVALHO, I. S. *Paleontologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 79-91.

SCHULTZ, C. L. 2010. Extinções. In: CARVALHO, I.S. *Paleontologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 163-180.

SCHULTZ, C.L. Extinção: a outra face da Evolução. In: SOARES, M.B. (Org.). *A Paleontologia na Sala de Aula*. Sociedade Brasileira de Paleontologia. 2015. p. 165-191. Disponível em: <www.paleontologianasaladeaula.com>. Acesso em: 6 maio 2017.

SIMÕES, M. G.; NEVES, J. P.; MATOS, S. A. O Ciclo das Rochas. In: SOARES, M. B. (Org.). *A Paleontologia na Sala de Aula*. Sociedade Brasileira de Paleontologia. 2015. p. 32-45. Disponível em: <www.paleontologianasaladeaula.com>. Acesso em: 6 maio 2017.

VALLEY, J. W. et al. Hadean age for a post-magma-ocean zircon confirmed by atom-probe tomography. *Nature Geoscience*, n. 7, p. 219-223, 2014.

Jogos didáticos paleontológicos para o ensino básico

Robson Crepes Corrêa, Karen Adami Rodrigues

1. Objetivo: os jogos didáticos são uma forma de reforçar o conhecimento teórico ensinado em sala de aula, visto que através do lúdico os alunos podem fixar melhor os conhecimentos paleontológicos, distantes de sua realidade.

2. Conteúdo: Geociências, Paleontologia, Paleozoologia, Paleoecologia, Paleobiogeografia e Evolução.

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio.

4. Referencial teórico

Séculos de pesquisa e de investigação científica, no universo da Paleontologia, permitiram aos seres humanos compreender a história da vida na Terra. No entanto, o conhecimento paleontológico encontra-se muito ligado aos centros de pesquisa, à academia, aos museus e ainda distante da formação do cidadão comum e dos diferentes níveis de ensino.

Há também os grandes debates que essa área do conhecimento gera em diversas esferas da sociedade, principalmente nas discussões em torno da origem da vida e de como a mesma se desenvolveu através de milhares de organismos até os dias de hoje. As duras críticas de religiosos criacionistas, que condenaram há poucos séculos atrás e até hoje contestam as teorias evolucionistas, influenciaram conseqüentemente o ensino de paleontologia nas escolas de vários países, principalmente em países ditos de “primeiro mundo” como os Estados Unidos da América. (DAWKINS, 2007).

A Geologia é a ciência que estuda a dinâmica de formação das rochas no espaço-tempo em conjunto com outros elementos que conduzem essa formação, registrando em alguns casos os seres vivos em determinados tipos de rochas, sendo a paleontologia um dos ramos dessa ciência, que se ocupa de entender como a vida surgiu e evoluiu, desde as formas primitivas até o homem. (HOLZ, 1999). Isso confere a importância do entendimento da Paleontologia em nosso cotidiano, na compreensão de como foi a

modificação das formas primitivas e as sucessões dentro do registro geológico até as diferentes formas atuais.

O conteúdo de geociências (composto pelos conteúdos de Geologia e Paleontologia) é pouco abordado no ensino básico no Brasil, ficando principalmente a cargo dos livros didáticos o conhecimento que é transferido aos alunos em sala de aula pelos professores. Entende-se por livro didático o material que irá ser usado nas aulas, o qual foi “escrito, editado, vendido e comprado”, o que em países com poucos recursos para a educação (como o Brasil) determina quais conteúdos e estratégias de ensino serão utilizadas para ensinar, sendo o mesmo de utilização coletiva pelos alunos, com a orientação de um professor. (BRASIL, 1996). O que geralmente consta nesse material de estudo, em relação à Paleontologia e à evolução são conteúdos referentes às diferentes teorias sobre a origem da vida e a vertebrados como os dinossauros. No que tange à Geologia, são vistas superficialmente informações referentes aos tipos de rochas, à tectônica de placas e a consequente deriva continental. (MELLO; MELLO; TORELLO, 2005). Nota-se ainda nos livros didáticos que geralmente a Paleontologia é abordada como uma introdução à evolução. (BRAUNSTEIN, 2013).

Observa-se, então, que as geociências realmente são abordadas com diferentes enfoques no ensino básico, porém de maneira um tanto disciplinar, superficial e rápida, já que se apoia principalmente no que está escrito no livro didático. Deixa-se assim para trás um hiato de conhecimentos, que poderiam ter sido trabalhados de modo interdisciplinar com outros conteúdos, como a Zoologia, a Botânica, a Ecologia, a Educação Ambiental, a Microbiologia e a Genética. A interdisciplinaridade é o agrupamento de diferentes saberes, que se complementam dentro de um mesmo projeto educacional, visando assim mudar sistematicamente as metodologias de ensino e aprendizagem, em escolas através da elaboração, da aplicação e da avaliação de experiências metodológicas e de práticas docentes de caráter inovador. (KRUGER, 2011).

A dificuldade que os professores encontram, em abordar diferentes conteúdos, pode ser diagnosticada como um despreparo para desenvolver uma diversidade de conceitos de forma interdisciplinar. A escolha dentro de um currículo escolar, por questões atuais de relevância como a ecologia e a reciclagem de lixo, faz com que deixem de ligar esses temas à abordagem de geociências na escola. No entanto, os temas de geociências permitem integrar os ciclos naturais ao funcionamento complexo e dinâmico do ambiente em constante mudança, devido a pressões antrópicas que degradam a natureza. (TOLEDO, 2004). Desta forma, ressalta-se a importância da formação continuada, que deve ser realizada para aprofundar os conhecimentos em

determinados temas; porém, essas formações vêm sendo utilizadas para compensar a falta de conhecimentos não obtidos quando estudantes de graduação. (GATTI, 2008).

Quanto ao currículo enxuto em relação às geociências, os professores são levados a abordar temas ligados principalmente à ecologia, devido à grande preocupação com o meio ambiente no planeta, divulgado cada vez mais pelas mídias informativas. (FERNANDES, 2001). No entanto, uma vez que se busca formar futuros cidadãos conscientes, é necessária a vertente de temas quanto ao gasto das demandas energéticas e a utilização desenfreada dos recursos naturais, a prospecção de combustíveis fósseis como o petróleo, carvão mineral e gás natural para a produção de energia que libera o carbono, causando o atual efeito estufa e o consequente superaquecimento do planeta. (AMABIS; MARTHO, 2010). Esses temas podem ligar a paleontologia à ecologia, já que envolvem conteúdos que parecem díspares pelo enorme hiato de tempo decorrido entre as eras geológicas passadas (onde se deu a deposição dos organismos que viriam a formar as reservas de combustíveis fósseis). O estudo dos ecossistemas do passado revela diferentes hábitos dos seres vivos extintos, relacionados a fatores como clima, *stress* ambiental e resposta a catástrofes, servindo assim como parâmetro ao estudo de ecossistemas atuais. A “janela aberta” para o passado pode proporcionar analogias do que pode vir a acontecer com o nosso planeta no futuro, como a extinção de muitas espécies, inclusive a humana.

Para melhor compreensão do conteúdo de Geologia e de Paleontologia no ensino básico, é importante que se trabalhe com o contexto regional através da identificação de rochas, de processos geológicos responsáveis por ambientes atuais, do reconhecimento da paleofauna e da paleoflora, ou seja, com conhecimentos referentes a esses elementos que contam um pouco da região. Dessa forma, aproxima-se a ciência do educando, no momento em que ocorre a identificação com o seu entorno, contextualiza-se o indivíduo, levando-o a perceber-se como parte do ambiente.

A metodologia de utilização dos jogos didáticos é uma alternativa viável como auxílio ao conteúdo disponível no livro didático, visto que os mesmos reforçam, de modo lúdico e aprazível, termos e métodos científicos, que muitas vezes são incompreendidos pelos alunos, por terem uma linguagem muito rebuscada que denota uma realidade fora do seu cotidiano. Desse modo, o professor, ao se utilizar dos jogos no ambiente escolar, faz com que os alunos interajam de forma dinâmica, incentivando-os à pesquisa, ao raciocínio lógico e ao trabalho em grupo. A utilização de exemplos locais, na construção dos jogos didáticos, como a extinta megafauna pleistocênica, no caso do Município de Pelotas, traz um sentido de pertencimento para os alunos em

relação ao conhecimento que está sendo construído, já que os aproxima de algo tangível que ocorreu em sua região, em um passado não tão remoto, caracterizando assim o aprendizado lúdico.

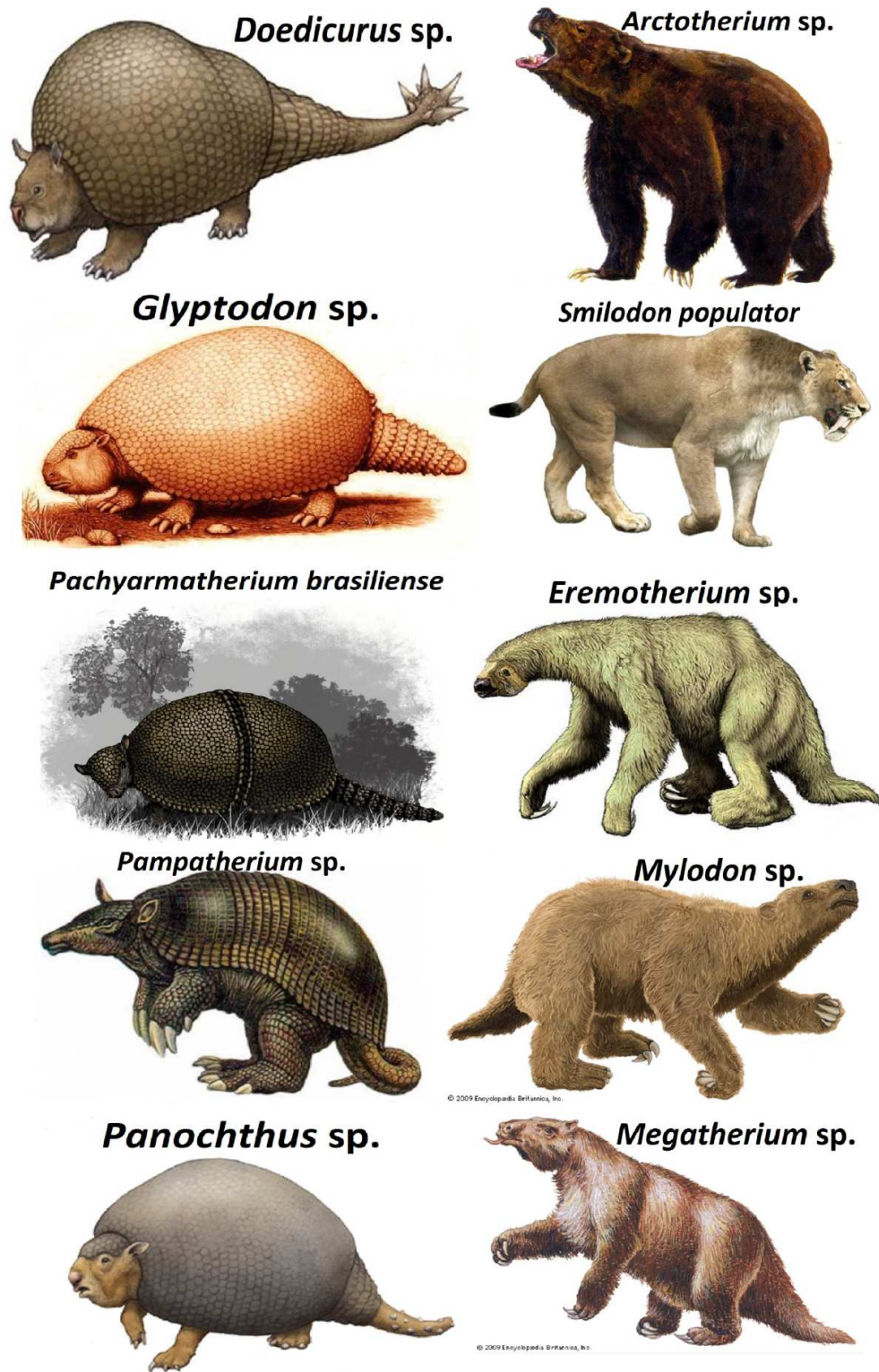
Ainda em relação aos jogos, permite-se que os alunos entrem em contato direto com os objetos de sua pesquisa, facilitando a visualização e a construção de estruturas e processos que muitas vezes são difíceis de perceber, apenas em sala de aula, onde o professor utiliza apenas recursos tradicionais de ensino, como o livro didático e o quadro negro. Isso significa que se pode trabalhar com jogos prontos, como também estimular a invenção de jogos pelos alunos. (BRASIL, 2002). Com essa metodologia, os alunos se sentirão impelidos a aprender novos conceitos ao conseguirem transformar o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, inserindo-se assim os conhecimentos de modo particular em sua estrutura cognitiva e fazendo com que pessoas diferentes partilhem o mesmo conteúdo de maneira ímpar, constituindo assim a aprendizagem significativa. (TAVARES, 2004).

5 Atividade

Os jogos didáticos foram elaborados com o objetivo de englobar um conjunto de conceitos paleontológicos que, muitas vezes, são pouco compreendidos pelos alunos em sala de aula. Justifica-se a elaboração de jogos, como forma de decodificar a linguagem científica utilizada nos livros didáticos, na tentativa de responder questões da ordem de milhares a milhões de anos, que são impossíveis de mensurar na escala de vida humana. Com essas informações em mente, foram desenvolvidos jogos para o Ensino Fundamental e Médio, respeitando o nível de cognição e a coerência, sem perder o caráter científico.

Para o Ensino Fundamental criou-se uma atividade baseada no jogo da memória, utilizando-se desenhos dos animais pleistocênicos com seus respectivos nomes científicos, em nível de gênero na maioria dos casos, culminando assim no “Jogo da Memória Pleistocênica” (Figuras 1). Tal jogo é composto por 24 cartas, que se repetem em dobro para formar as 48 cartas do baralho. O jogo inicia após se embaralhar as cartas, colocando-as em seguida com o desenho virado para baixo, em colunas de oito com seis cartas em cada uma dessas colunas. O primeiro jogador deve tentar adivinhar onde se encontram os pares de cartas de animais, dando dois lances por rodada ao desvirar duas cartas. Caso o jogador acerte os pares, ele os recolhe da mesa para o seu monte e joga novamente até errar os pares. Errando, deve fazer com que as cartas voltem à posição inicial, antes da rodada, dando a vez para o próximo jogador. Vence o jogador que mais pares formar primeiro, ao se desviraram todas as cartas.

Figura 1 – Imagens das cartas com os nomes científicos das espécies utilizadas no “Jogo da Memória Pleistocênica”



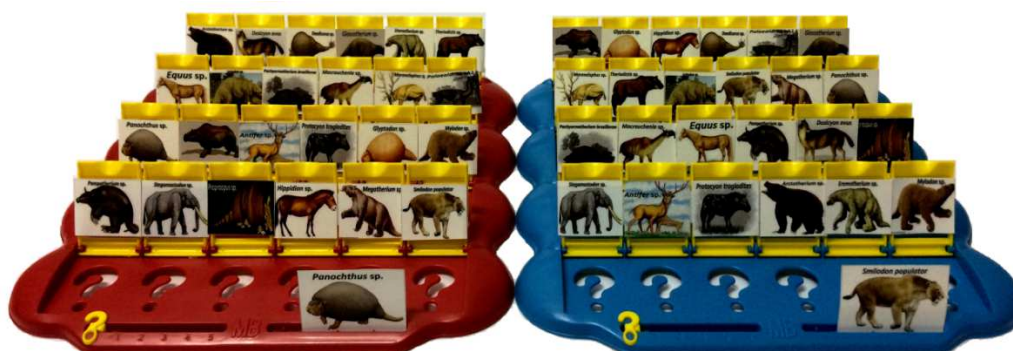
Fonte: Enciclopédia Britânica (2017).

Já para o Ensino Médio foi criado um jogo que ilustra a megafauna pleistocênica sul-americana, composta por mamíferos gigantes como, por exemplo, os gêneros de preguiça *Megatherium*, *Glossotherium* e *Milodonte*; os gêneros de tatus *Gliptodonte*, *Pampatherium* e *Propaopus*; o gênero de tigre dente-de-sabre *Smilodon* e o gênero *Mastodonte*, que é parente dos elefantes atuais. (SCHÄFER et al., 2009). Os mesmos autores ressaltam que todos esses animais, entre outros, viveram até cerca de pouco tempo atrás no Estado do Rio Grande do Sul (até 11 mil anos atrás), deixando vestígios na forma de fósseis, inclusive na região sul do estado, principalmente no Município de Santa Vitória do Palmar. O jogo foi elaborado e inspirado usando como referência o tabuleiro do Adivinha Quem?® da Hasbro (Figura 2), no qual dois indivíduos jogam tentando adivinhar, por meio de citação de caracteres, a pessoa misteriosa do seu adversário, antes que ele descubra a sua. Porém, em nosso jogo, as pessoas estampadas nas cartas foram trocadas por 24 cartas com diferentes animais, com características diversas da megafauna pleistocênica, sendo denominado de “Adivinha Qual é o Animal da Megafauna?” (Figura 3).

Figura 2 – Jogo “Adivinha Quem?” da Hasbro®



Figura 3 – Jogo “Adivinha Qual é o Animal da Megafauna”



O jogo inicia com os participantes escolhendo o seu tabuleiro e retirando, depois de embaralhadas, a “Carta-Mistério”, de modo a colocar a mesma no seu encaixe e voltada para si mesmo, excluindo as cartas-mistério não utilizadas no jogo.

O jogador senta-se com seu tabuleiro de frente para seu adversário, de modo que o mesmo não possa visualizar o seu animal misterioso, começando a fazer uma pergunta por vez de caracteres morfológicos. Por conseguinte, seu adversário terá de responder com “sim” ou “não”, fazendo com que o adivinhador da rodada baixe as molduras e elimine qualquer animal em seu tabuleiro, que não esteja dentro do perfil descrito. O jogador que respondeu repete o mesmo processo do que perguntou e assim sucessivamente até que sobre a alternativa que fará com que um dos jogadores ganhe a rodada. A qualquer momento da partida, algum dos jogadores pode tentar adivinhar o animal do seu oponente: caso acerte ganha a rodada, caso erre, perde a rodada. O tabuleiro possui um sistema de contagem de vitórias, que vai de zero a cinco, ganhando quem chegar primeiro à quinta vitória.

Para a confecção das cartas do “Jogo da Memória Pleistocênica” e para a construção do jogo de tabuleiro do “Adivinha Qual é o Animal da Megafauna?”, utilizou-se o trabalho de Aires (2010) para selecionar os exemplos da fauna pleistocênica, em nível de gênero, na maioria dos casos, que viveram na região sul do Estado do Rio Grande do Sul. Em seguida, foram selecionados desenhos desses animais encontrados na internet e que estivessem de acordo com este trabalho.

6 Considerações finais

As metodologias expostas neste trabalho visam ser um recurso complementar ao livro didático que o professor utiliza, tradicionalmente, em sala de aula, para elencar os

conceitos geológicos e paleontológicos. Assim sendo, os jogos didáticos expostos neste trabalho são apenas propostas construídas, sem a conseqüente aplicação no ambiente escolar, esperando-se que as respostas dos alunos sejam as elencadas nos próximos parágrafos.

O “Jogo da Memória Pleistocênica” para o Ensino Fundamental desenvolve o poder de memorização dos alunos, uma vez que utiliza tanto os caracteres morfológicos do animal quanto o seu nome científico, para tentar formar os pares que o levarão à vitória. Assim, nesse jogo o estudante conseguirá ligar informações difíceis de serem conectadas, como o nome científico do animal às suas características morfológicas, desenvolvendo a memória, a concentração e o raciocínio lógico, bem como o conhecimento dos animais que um dia viveram na região.

Já o jogo “Qual é o Animal da Megafauna?” para o Ensino Médio desenvolve o poder de associação dos vários caracteres morfológicos do animal a ser adivinhado ligado a seu nome científico, uma vez que o jogador, ao unir as várias informações, conseguirá chegar à resposta que o levará à vitória, antes do seu adversário. Tal jogo objetiva que os alunos reconheçam a Paleontologia como algo tangível, ao lidar com exemplos fósseis de animais que viveram na planície costeira do Rio Grande do Sul, entre outros lugares, e que conviveram com os seres humanos até bem pouco tempo atrás. Desse modo, os estudantes poderão contar com exemplos locais para se apropriarem dos conhecimentos paleontológicos, ao invés de recorrerem a exemplos clássicos e, muitas vezes, distantes como os dinossauros.

Referências

AIRES, A. S. S. 2010. Levantamento e análise dos fósseis de mamíferos quaternários depositados em três importantes coleções (UFPel, FURG e MCTFM) no Rio Grande do Sul. 2010. 211 p. Monografia (TCC – Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia*. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

BRASIL. Em aberto: livro didático e qualidade de ensino. 1996. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me000706.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

Brasil. 2002. PCN + Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

BRAUNSTEIN, G. K. O ensino de paleontologia nos documentos normativos, livros didáticos de biologia e práticas docentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 23,

2013. Paleontologia em Destaque: Boletim de Resumos do XXIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, Porto Alegre, Pallotti, 2013. p. 58.

DAWKINS, R. *Deus, um delírio*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

FERNANDES, F. A. M. O papel da mídia na defesa do meio ambiente. 2001. Disponível em: <http://site.unitau.br/scripts/prppg/humanas/download/opapelmidia-N2_2001.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.

ENCICLOPÉDIA Brintânica. Disponível em: <<http://global.britannica.com/animal/Megatherium>>. Acesso em: 6 maio 2017.

GATTI, A. B. Análise das políticas públicas para formação continuada no Brasil, na última década. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v13n37/06.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

HOLZ, M. *Do mar ao deserto: a evolução do Rio Grande do Sul no tempo geológico*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1999.

KRUGER, V. *PIBID UFPel: projetos interdisciplinares*. Pelotas: Ed. da UFPel, 2011.

MELLO, F. T.; MELLO, L. H. C.; TORELLO, M. B. F. A paleontologia na educação infantil: alfabetizando e construindo o conhecimento. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n3/04.pdf>>. Acesso em: 9 jul. 2015.

SCHÄFER, A.; BELTRAME, G. T.; WASUM, R. A.; VOLPATTO, S. *Fundamentos ecológicos para educação ambiental: municípios de Mostardas, Tavares, São José do Norte e Santa Vitória do Palmar*. 2009. Caxias do Sul: Educus, 2009.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. 2004. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/2239/Textos/ASConceitos.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

TOLEDO, M. C. M. Geociências no Ensino Médio Brasileiro – Análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais. 2004. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/gusppe/v3/v3n1a04.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

Saídas de campo urbanas: uma metodologia didática para o ensino de Geologia, Paleontologia e Educação Ambiental no Ensino Básico

Robson Crepes Corrêa, Karen Adami Rodrigues, Ana Karina Scomazzon

1. Objetivo: as “saídas de campo urbanas” se constituem em um excelente mecanismo para aliar o conhecimento teórico das Geociências, demonstrado em sala de aula, ao cotidiano do aluno. Essa metodologia faz com que os alunos visualizem na prática os materiais geológicos que compõem as construções da cidade, como as rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, sendo estas últimas portadoras de fósseis. Desta forma, é possível explicar conceitos geológicos e paleontológicos, mostrando na prática a sua importância em nossa vida.

2. Conteúdo: Geociências, Geologia, Paleontologia, Paleozoologia, Paleobotânica, Evolução, Educação Ambiental

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

4. Referencial teórico

A Geologia é a ciência que estuda nosso planeta, sua formação, estrutura interna e externa. A ferramenta de estudo desta ciência é a rocha. Existem três principais tipos de rochas: ígneas, metamórficas e sedimentares. Através do estudo das rochas, é possível compreender os processos e mecanismos de formação e dinâmica de desenvolvimento do nosso planeta. Processos como magmatismo, vulcanismo, intemperismo, erosão e mecanismos, como a tectônica de placas, motor do nosso planeta, que contribuem à movimentação das placas litosféricas e com isso na geração de montanhas, formação de fossas oceânicas, terremotos, variação relativa do nível do mar, etc. Há ainda a gênese dos diferentes tipos de rochas (com suas características próprias e peculiares, já que foram geradas em ambientes geológicos específicos), os diferentes tipos de sedimentos e os diversos grupos de fósseis.

A Paleontologia, do grego *palaiós* (antigo) + *ontós* (ser) + *logos* (estudo), é uma ciência que desperta muita curiosidade desde os tempos mais remotos, principalmente

pelos famosos fósseis de dinossauros que habitam o imaginário das pessoas, fazendo com que construam a ideia do grande tempo percorrido pelos seres vivos na evolução da vida na Terra. (MANZING; WEINSCHÜTZ, 2012). Os fósseis, objeto de estudo da Paleontologia, são restos ou vestígios de seres que viveram de 3,8 bilhões até 11 mil anos atrás, período este último em que se encerrou a última grande glaciação. Os conteúdos da Geologia e da Paleontologia e de áreas como a paleozoologia, paleobotânica, paleobiogeografia, paleoecologia e a evolução, são importantes para o desvelamento da formação da Terra e de seus organismos que, desde os primórdios, se adaptaram a diferentes contextos ambientais, através da mudança de sua morfologia corpórea e comportamental. Tais mudanças adaptativas são capazes de fazer com que espécies se adaptem melhor que outros organismos competidores, ganhando mais chances de se reproduzir e, conseqüentemente, de deixar descendentes que podem chegar a ter representantes atuais. Assim como nós, espécie humana, em constante mudança nos aspectos fenotípicos e genotípicos, nos quais a evolução atua através da seleção natural, podemos, graças a algumas variáveis ambientais, dar origem a outra espécie ou mesmo se extinguir como qualquer outro tipo de organismo que já viveu no planeta. O processo de extinção já aconteceu com milhares de organismos, deixando, em casos específicos, o seu registro corporal nas rochas sedimentares, como os fósseis e/ou seus hábitos de atividade vital como pegadas, rastros e tocas, ou seja, os icnofósseis. Estima-se que apenas 0,1% das espécies, que um dia viveram na Terra, deixaram seus registros fossilizados, ou seja, há muitas lacunas de conhecimentos incompletos sobre os seres vivos pretéritos. (MANZING; WEINSCHÜTZ, 2012).

Atualmente, a Paleontologia é um conteúdo abordado principalmente na disciplina de Biologia, no Ensino Médio das escolas brasileiras, tendo por objetivo apresentar os seres vivos que um dia habitaram o nosso planeta, através de seus registros fossilíferos preservados nas rochas sedimentares. Retrata-se o que ocorreu nos milhares de anos da evolução da vida na Terra, bem como mostra os prováveis caminhos que a seleção natural percorreu na maximização de caracteres “favoráveis” e na deleção dos “desfavoráveis”. O professor, na maioria dos casos, utiliza unicamente o livro didático como instrumento para a transposição de conhecimentos paleontológicos. Os alunos têm dificuldade de compreender, em poucas aulas disponibilizadas no currículo para o ensino de Paleontologia, os processos que levaram de bilhões a milhares de anos de especiações, como, por exemplo, a evolução dos peixes ao homem atual. (SHUBIN, 2008).

Muitas informações que poderiam ser trabalhadas de uma forma dinâmica, como os conteúdos sobre invertebrados fósseis ou a megafauna sul-americana extinta há pouco tempo e que coexistiu com os humanos, não são abordadas. Temas geradores de interdisciplinaridade como: a evolução das diversas características morfológicas e fisiológicas dos diferentes seres vivos, o ciclo dos diferentes tipos de rochas, a tectônica de placas, que altera dentro de milhões de anos a geomorfologia dos continentes, gerando novos habitats para que a seleção natural atue e gere novos organismos, através de formas pré-existentes, são desenvolvidos pela maioria dos educadores em conceitos individualizados. A crítica ambiental e de sustentabilidade da sociedade humana pode ser amplamente discutida na formação de petróleo e de carvão mineral, que se constituem em processos lentos de decomposição de matéria orgânica morta, considerados ainda importantes recursos energéticos, que mantêm e dominam a sociedade humana moderna.

A compreensão de como a vida evoluiu em um planeta inicialmente sem vida para um ambiente rico, nas mais diversas formas orgânicas e que continuam se extinguindo e evoluindo, na constante marcha dos organismos na Terra e desta pelo universo, não é de fácil compreensão. Isso torna indispensável o ensino da Geologia e da Paleontologia no ensino básico. Portanto, compreender essas disciplinas como recursos que comprovam as teorias evolutivas faz com que consigamos vislumbrar a nossa própria história de vida como seres humanos. A importância está na contextualização do indivíduo, como parte do planeta e como espécie “dominante”, posicionado em uma ínfima fração do tempo total percorrido desde a formação da Terra. Significa estabelecer, através de uma linha de tempo, a formação das primeiras formas de vida até a evolução dos humanos, em princípio, única espécie, nesse processo evolutivo, que tem consciência de si e do meio em que vive, além da capacidade de construir modelos teóricos e solucionar perguntas inquietantes milenares como: “Quem somos? De onde viemos? E para onde possivelmente vamos?”

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM +) salientam, entre seus seis temas estruturadores do ensino de Biologia, que seja abordado o ensino de evolução (BRASIL, 2002), ou seja, para compreenderem-se os mecanismos evolutivos é necessário que se entendam conceitos geológicos e paleontológicos. A seleção dos conteúdos fica a caráter do educador, elegendo quais serão abordados dentro da recomendação dos programas para cada uma das séries. Para tanto, o professor deve ter em mente a impossibilidade de se ensinar e fazer com que os alunos aprendam tudo, já que, mesmo com informações compactadas para haver ensino, deve ocorrer

aprendizagem. Desta forma, a seleção de conteúdos deve contemplar tanto o estudo da realidade local e particular do aluno quanto essa realidade inserida num contexto expandido. (BRASIL, 2002).

Portanto, a finalidade da educação escolar é dotar os alunos das habilidades de compreensão, utilização e transformação da realidade, para que sejam capazes de buscar, escolher e usar as informações em situações necessárias, no transcorrer da vida. (BRASIL, 2002). Para que tais informações sejam captadas de forma maximizada, faz-se necessário que o ensino não priorize apenas a memorização (que faz com que os alunos esqueçam os conteúdos após uma avaliação), mas, através de conhecimentos novos que se liguem a “subsunoeres” já previamente instaurados na estrutura cognitiva, tornando então a aprendizagem significativa e não mecânica. (PELIZZARI et al., 2002). Para que a aprendizagem significativa possa ocorrer, é preciso que o professor conheça a realidade na qual o aluno está inserido e pela qual tem conhecimentos prévios da mesma, como também de temas de interesse, que façam com que o aluno dê importância ao conteúdo que será ministrado. Faz-se necessário, desde as aulas de Ciências no Ensino Fundamental, que seja apoiada a investigação sobre o universo que rodeia os alunos, incitando-os assim a enxergarem a ciência com propriedades investigativas dos fenômenos que os cercam e não como algo que só pertence aos cientistas e restrito ao universo acadêmico. (FERREIRA, 2013).

Existem possibilidades de abordagem da Geologia e Paleontologia, em sala de aula, que vão além da utilização do livro didático como único material de apoio para os professores, podendo-se empregar então atividades como as “saídas de campo urbanas”. Essas saídas de campo urbanas são instrumentos que aperfeiçoam a aprendizagem da Geologia e da Paleontologia em lugares inesperados do cotidiano, como edificações e calçamentos de cidades que, na maioria das vezes, passam despercebidos, constituindo-se, assim, uma gama de recursos didáticos a serem explorados pelos professores, fora da sala de aula. Desse modo, pode-se trabalhar interdisciplinarmente aspectos como a observação do registro fóssil e de suas características fixadas nas estruturas que compõem as calçadas e as edificações, dentro do próprio ambiente citadino, tendo ainda a vantagem de não precisar mover os alunos desse ambiente para lugares distantes. (SILVA, 1998).

5 Atividade

Neste trabalho foi priorizado o desenvolvimento de metodologias de ensino e aprendizagem, como suplemento ao livro didático, ou seja, além de utilizar o recurso

tradicional, o professor poderá utilizar alternativas viáveis, desde que seja respeitado o nível cognitivo para a aplicação do conhecimento geológico e paleontológico em questão. Para tanto, sugerem-se saídas de campo urbanas, em que os roteiros e as ferramentas de identificação em campo se constituam metodologias de ensino e aprendizagem, que podem ser usadas em qualquer ambiente urbano e rural dotado de estruturas fossilizadas. O conteúdo de Geologia é apresentado através da identificação em construções urbanas de rochas sedimentares, portadoras de traços e rastros fósseis (icnofósseis) (Figuras 1), e de outros dois tipos de rochas: as ígneas (basaltos, andesitos, riolitos, granitos, dioritos) (Figura 2A) e as metamórficas (ardósias, filitos, xistos, gnaisses, mármore) (Figura 2B), que permitem ampliar o material visual disponível na vida diária dos alunos.

Figuras 1 – Traços fósseis (icnofósseis) de invertebrados em rocha sedimentar utilizada para calçamento. **A e B.** Diferentes traços fósseis

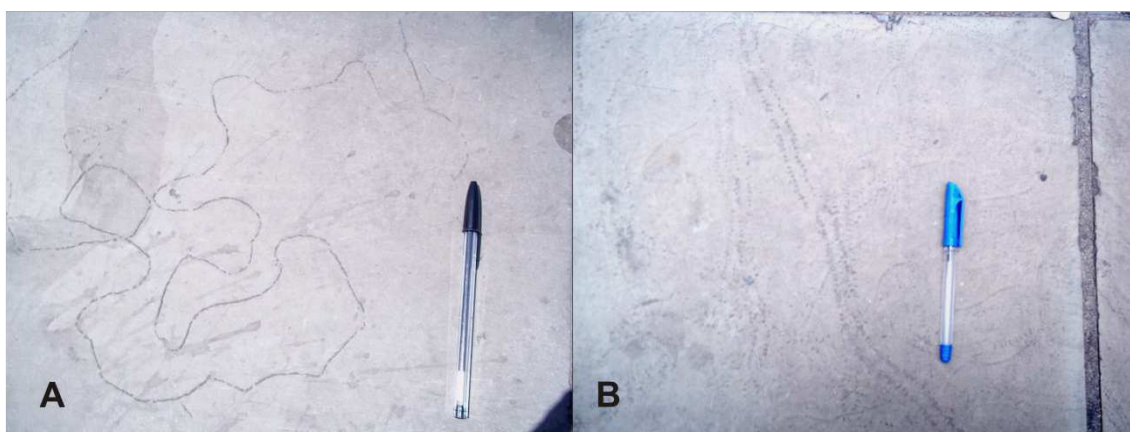


Figura 2 – **A.** Aluna observando o calçamento composto de rocha ígnea (paralelepípedo). **B.** Calçada composta por diferentes tipos de rochas. Rocha central de cor branca, um mármore, e no entorno, granitos

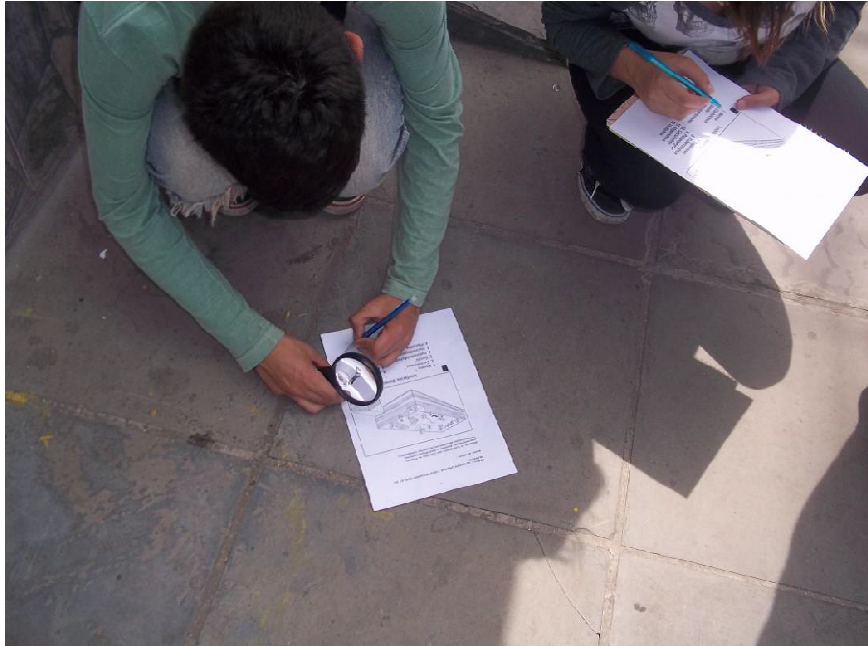


Recomenda-se o uso de lupas de mão de 4x (Figura 3) e exercícios de identificação como a prática de campo urbana “Identificando Marcas do Passado”, na qual os alunos sejam convidados a identificar os diferentes icnofósseis dos calçamentos da cidade, com o auxílio de uma folha que contenha o nome da icnofácia em questão (*Mermia*) e o respectivo desenho de cada um dos seus diversos icnogêneros associados: *Mermia*, *Cochilichnus*, *Gordia*, *Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Planolites*, *Treptichnus*, *Tuberculichnus*, *Palaeophycus*, *Circulichnis*, *Vagorichnus*, *Undichnia*. O desenho da icnofácia utilizada nesse exercício foi retirado de Buatois e Mángano (2004) (Figura 4). A identificação dos diferentes icnofósseis pode ser feita com o auxílio do livro *Iconologia* de Carvalho e Fernandes (2007). Nessa dinâmica de saída de campo urbana, podem ser também trabalhados os sistemas de localização e direcionamento com a bússola (Figura 5) e o GPS (Sistema de Posicionamento Global) (Figura 6), a fim de georreferenciar as estruturas geológicas e icnológicas, demonstrando assim como relatar seu posicionamento, dentro da cidade, de um modo técnico, para que outras pessoas possam também encontrá-las.

Figura 3 – Observação da rocha ígnea com o auxílio de lupas de mão



Figura 4 – Exercício proposto para observação dos icnofósseis



O professor poderá utilizar o livro didático como recurso de apoio, tendo a vantagem de que, necessariamente, não precisará contar com um museu para visualização de tais estruturas, já que esses elementos estão expostos no cotidiano dos alunos. A aprendizagem significativa se dá no momento em que os alunos percebem que a Geologia e a Paleontologia são conhecimentos que estão expostos no seu dia a dia.

Figura 5 – Alunos aprendendo a manipular e se orientar com a bússola



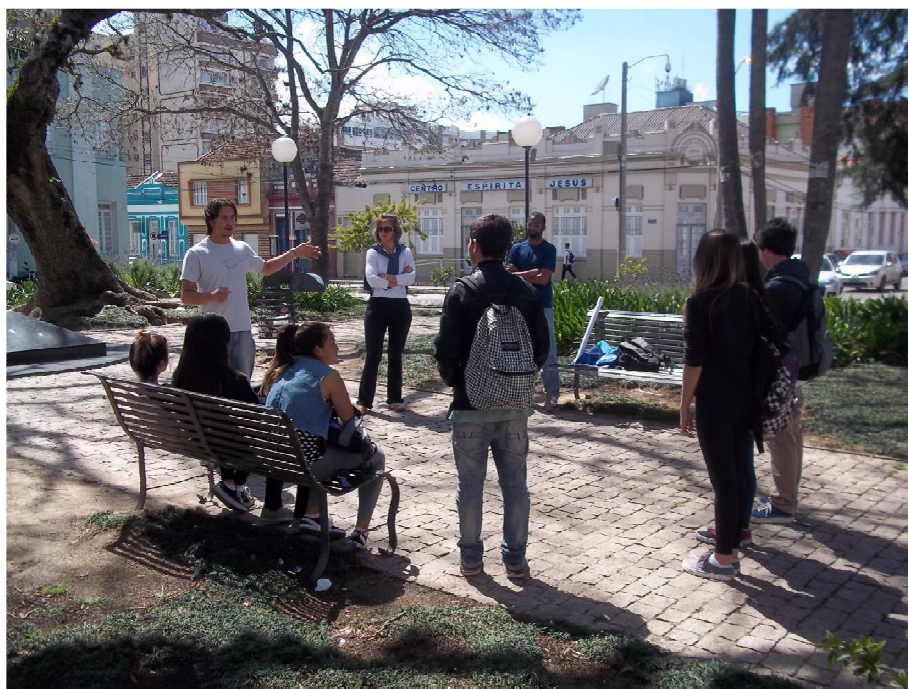
Figura 6 – Alunos utilizando o GPS para orientação



6 Considerações finais

A presente atividade foi testada pelo centro urbano da cidade de Pelotas /RS, em 2013, com alunos de uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma escola estadual (Figura 7).

Figura 7 – Início da “saída de campo urbana”. Pode-se observar o calçamento de rocha, o banco de ferro e, ao fundo, as edificações feitas com materiais de construção como argila, areia, argamassa, cimento, tijolos, telhas, ferro, etc., que são constituintes geológicos



A saída de campo urbana constituiu-se na observação e identificação em calçamentos e edificações dos três tipos de rochas (ígneas, metamórficas e sedimentares), revelando assim a sua gênese e a utilização nas construções das cidades, uma vez que materiais geológicos, como calcários, areia, argila e amianto são utilizados na confecção de tijolos, telhas, argamassa e cimento, com as rochas usadas em peitoris, fachadas, muros, calçamentos, meio-fio, etc. Assim, foi possível mostrar (e discutir com os alunos) importância da Geologia na prospecção e exploração das rochas, para aquisição de bens minerais, pois, conforme observado acima, nossas construções são realizadas com a necessidade de ferro, alumínio, aço, cobre, cimento, argamassa, argila, areia, rochas, telhas, tijolos, carvão, até mesmo na tinta (pigmentos e chumbo) que utilizamos para a finalização de nossas construções. Todos estes elementos descritos são

prospectados e beneficiados para nosso conforto, para a construção de nossas casas, ruas, pontes, praças, etc. Desta forma, é necessário a escavação de determinadas regiões, formando minas e pedreiras, às quais muitas pessoas são contrárias, pela necessidade de desmatamentos e pela poluição ambiental gerada. Contudo, apesar do modelo atual de nossa civilização necessitar destes materiais geológicos, que tem que ser prospectados, é possível um trabalho de manejo ambiental dessas regiões exploradas. Assim, a questão ambiental também pôde ser discutida com os alunos; apesar da nossa necessidade de exploração do planeta, podemos fazer isso de forma sustentável.

Além da observação da Geologia, através dos materiais de construção, foi possível observar a paleontologia através das rochas sedimentares compostas principalmente por folhelhos e argilitos, presentes como calçamento e contendo icnofósseis (rastros e traços) de invertebrados. Os alunos visualizaram fósseis e estruturas sedimentares como marcas onduladas e pingos de chuva, que representam antigos ambientes de sedimentação, propiciando interpretações temporais e ambientais e que hoje estão ali nas calçadas em lugares inesperados do seu cotidiano.

O exemplo aqui demonstrado pode ser adaptado pelos professores de qualquer cidade, uma vez que, principalmente rochas e outros materiais utilizados em construções, fazem parte do nosso cotidiano.

Referências

BRASIL. PCN + Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

BUATOIS, L. A.; MÁNGANO, M. G. 2004. Animal-substrate interactions in freshwater environments: applications of ichnology in facies and sequence stratigraphic analysis of fluvio-lacustrine successions. In: McILROY, D. *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. The Geological Society of London, 2004. p. 311-334.

CARVALHO, I. S.; FERNANDES, A. C. S. *Icnologia*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2007.

FERREIRA, A. R. A curiosidade na aula de Ciências: como levar a turma a investigar e entender o mundo que nos cerca. *Nova Escola*, n. 265, p. 36-44, 2013.

MANZING, P. C.; WEINSCHÜTZ, L. C. *Museus e fósseis da Região Sul do Brasil: uma experiência visual com a paleontologia*. Marechal Cândido Rondon: Editora Germânica, 2012.

Pelizzari, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. 2002. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

SHUBIN, N. *A história de quando éramos peixes*: uma revolucionária teoria sobre a origem do corpo humano. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

SILVA, C. M. “Paleontologia urbana”: percursos citadinos de interpretação e educação (paleo)ambiental. 1998. Disponível em: <<http://paleoviva.fc.ul.pt/cmsbibliografia/cms026.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

Da onde vem a mágica? A criação de truques de salão como estratégia de ensino e aprendizagem no currículo de Ciências

Alexandre Mesquita, Odilon Giovannini Jr.

1. Objetivos: promover a aprendizagem significativa dos conteúdos curriculares de Ciências e Matemática, por meio do desenvolvimento de truques de mágica de salão; contribuir para a melhoria da prática pedagógica do professor, em sala de aula ou em atividades extraclasse, através da estratégia de incentivo aos alunos de criarem seus próprios truques de mágica, que tenham como base princípios científicos e matemáticos.

2. Conteúdo: Química, Física, Matemática e Educação Artística

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

4. Referencial teórico

A mágica de salão é um processo artístico e, como tal, embora apresente aspectos que envolvem domínio de técnica por parte do artista, caracteriza-se por ser uma atividade que trabalha a curiosidade e o emocional, a fim de estabelecer e fortalecer um elo entre obra/artista e espectador. É difícil encontrar crianças, jovens e adultos, que não se divirtam, não se encantem, ao assistir um truque de mágica. A mágica de salão, ou ilusionismo de salão, é uma arte de surpreender e faz com que o inusitado, o impossível, pareça real. Embora concebido para criar um efeito de surpresa e incredulidade, o truque de mágica geralmente tem sua execução atrelada a materiais especificamente elaborados, gestos e palavras meticolosos. É inegável que a explicação do truque (geralmente não recomendada pelo código dos mágicos) gera um efeito de surpresa agradável ao espectador pela descoberta muitas vezes do óbvio, ou, pelo menos da coerência. *Como não perceber?* é uma pergunta comum do espectador ao descobrir como o truque foi feito. Apesar de requerer treino e disciplina, por parte do executor, a mágica também exige criatividade. Existem os princípios do truque, isto é, os fundamentos técnicos que permitem construir um truque, a partir deles. Mas existe o ambiente, existe a forma como o profissional se valerá dos materiais e da tecnologia, para criar uma divertida ilusão para seu público. O que ele dirá, como induzirá as pessoas a pensarem

que ele fará alguma coisa enquanto, nos bastidores dos seus movimentos, gestos e palavras, ele está preparando outra coisa. Truques tradicionais, como o coelho na cartola, sumiço de objetos das mãos para depois serem “retirados” de uma das orelhas, entre outros, são exemplos do poder do ilusionismo. Mas nem todos os truques de mágica, necessariamente, usam recursos como cordas quase invisíveis, ou locais secretos, para driblar a atenção do espectador. Há truques que utilizam princípios de ciências, como a Física, Química e Matemática. Segundo Soler (2007), “uma simples mágica pode ser explicada quando se conhecem os princípios básicos da mecânica”. Então, em um contexto de ensino e aprendizagem, é legítimo pensar na possibilidade de usar a mágica (ou ilusionismo), com seu poder de prender a atenção e surpreender, como um recurso para a promoção da aprendizagem significativa, em áreas de ciências exatas e biológicas. E essa perspectiva pode ser pensada como mais eficiente, quando o próprio aluno é quem tem o desafio de criar o truque. Por exemplo, como ele pode se apropriar dos princípios da eletrostática, para elaborar uma apresentação sobre levitação de objetos? Em química, abordando o tema sobre bases e ácidos, como ele pode bolar uma apresentação para surpreender pais e amigos com uma tinta invisível? Como ele poderia ser capaz de adivinhar a idade de alguém, valendo de relações matemáticas?

Construir um ambiente de ensino e aprendizagem, que promova o desenvolvimento de competências e habilidade, é um desafio sempre presente para o professor. Uma das condições para que se estabeleça um ambiente apropriado para a Aprendizagem Significativa, uma teoria de aprendizagem cognitivista, cuja fundamentação teórica foi desenvolvida por David Ausubel em 1963, e por ele reiterada em 2000 (AUSUBEL, 2003), é que o estudante manifeste, desde o início, o interesse em aprender. A outra condição é que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, atividades práticas, modelos,...) deve ser *potencialmente significativo*, isto é, tenha significado lógico e possa ser relacionável de maneira não arbitrária e não literal a um conhecimento prévio apropriado e relevante da estrutura cognitiva do aprendiz, também chamado de *subsunçor*. (AUSUBEL et al., 1980). Como enfatizado por Moreira (2011), o material só pode ser “potencialmente significativo” e não “significativo”, pois o significado está nas pessoas que utilizarão os materiais como meio para uma aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa ocorre quando os conhecimentos prévios estabelecidos na estrutura cognitiva do estudante interagem de forma substantiva e não arbitrária com os novos conhecimentos. Dessa forma, os novos conhecimentos se ancoram em conhecimentos pré-estabelecidos e, assim, adquirem significado, tornando sua estrutura cognitiva mais ordenada e complexa. (AUSUBEL,

2003). Toda atividade que confere ao aluno a possibilidade de perceber a capacidade de aplicação prática dos conteúdos vistos, no ambiente formal da sala de aula, se torna uma atividade potencialmente significativa. A experimentação no ensino de ciências é considerada uma estratégia para potencializar a promoção da aprendizagem significativa.

A experimentação não é necessariamente a ideia de uma prática de laboratório, de envolver relatórios ou técnicas de medição, mas de permitir que o aluno encontre a oportunidade de aplicar o conhecimento, de perceber ele se encaixando em um contexto que lhe interessa. Uma boa prática do experimentar, do entender e do aplicar ocorre em vários cenários do nosso cotidiano. Em tais cenários, as chamadas atividades lúdicas se destacam. São atividades nas quais o estudante não consegue separar de forma distinta o protocolo de aprendizado do protocolo de diversão. Então, surge a questão: Por que não utilizar as mágicas de salão, sem dúvida uma atividade compatível com a definição de lúdico, como um recurso didático potencialmente significativo, já que há exemplos de truques que se valem diretamente de princípios científicos, para promover a aprendizagem? Parece-nos, portanto, adequado utilizar a mágica de salão como um recurso didático já que desperta o interesse dos estudantes e, ao mesmo tempo, exige para sua criação e execução o desenvolvimento de competências conceituais, procedimentais e atitudinais.

A presente proposta de ensino se apoia na perspectiva de utilização dos protocolos envolvendo a mágica de salão, que se sustentam em fenômenos que fazem parte dos parâmetros curriculares em ciências, para tornar o aluno o mágico criador e executor de truques, que necessitará recorrer à sua intuição artística, para dar forma à mágica e criar a atmosfera mais adequada para seu sucesso perante familiares, amigos, o professor, entre outros. Observa-se que a ideia de união da mágica com as ciências, ainda mais num ambiente de ensino e aprendizagem, não é nova. Há exemplos que podem ser encontrados na literatura e na internet de práticas associadas a tal, como o da Profa. Adriana Bastos e seu show “A Ciência é Mágica”. (BASTOS, 2014).

A criação e execução do truque de mágica trabalha desde aspectos motores e cognitivos, passando e reforçando aspectos emocionais e de autoestima. Numa perspectiva multidisciplinar, estimula o aluno a não apenas ver a mágica, mas relacioná-la com o conteúdo científico, de modo a desafiá-lo a criar o seu próprio número de mágica, unindo assimilação de conteúdo com exercício da criatividade e do trabalho da linguagem corporal, através da arte. Entretanto, sua condução e estímulo requerem cuidados do educador, no sentido de não impor tarefas que submetam alunos à sensação

de fracasso, correndo o risco de conduzir a efeitos negativos no interesse e, principalmente, na autoestima dos estudantes.

5. Atividades

A seguir são apresentadas cinco fichas de atividade, abrangendo conteúdos dentro das áreas de física, química e matemática. Cada ficha contém uma sugestão de como utilizar um princípio científico ou matemático específico, para conceber um truque de mágica. A escolha das sugestões seguiu os critérios de simplicidade, facilidade de execução e utilização de materiais do cotidiano, mais acessíveis ao aluno. Espera-se que as fichas de atividade sejam um instrumento a ser usado como ponto de partida, para que, depois, o aluno encontre seu próprio caminho para desenvolver truques de ilusionismo. Tanto que o item que diz respeito à execução das mágicas, nas fichas de atividade, chama-se: *Experimento para evidenciar o princípio científico (ou matemático) da mágica*. A intenção é que o estudante, em atividade direcionada para tal, trabalhe com o conteúdo científico do truque e, a partir dele, utilizando principalmente a criatividade, evolua para que esse se torne um número de mágica. Com o aprimoramento, é possível passar posteriormente para conteúdos e, conseqüentemente, números de mágicas mais sofisticados, além de produtos ou substâncias mais específicas, como, por exemplo, mágicas envolvendo a refração da luz (*Breaking Magic: Magical Glass*, 2014), a tinta invisível, a reação de Belousov-Zhabotinsky (*Mágica em Cena*, 2013), o experimento da serpente do faraó (*Mágica em Cena*, 2013), entre outros.

Também é possível, como um passo seguinte na proposta de utilização da mágica de salão, como estratégia para a aprendizagem significativa, mudar o foco e trabalhar não o desenvolvimento da mágica, mas a avaliação da existência de truques ou não, em situações nas quais os ilusionistas alegam usar princípios científicos. Um exemplo de caso interessante é o da suposta levitação da nota de um dólar (*How to Really Levitate – Like Magic!*, 2013), que envolve várias características da eletrostática, como força elétrica, eletrização, descarga elétrica, através da umidade do ar, e que culmina na pergunta: É fisicamente possível levitar uma nota de dinheiro com a força eletrostática de cargas elétricas transferidas para a mão, por um processo de eletrização simples, como esfregar as notas no cabelo, ou atritar canudos de refrigerante com papel? Sugere-se propor aos alunos a busca da resposta.

5.1 Pressão atmosférica

Experimento para evidenciar o princípio científico da magia: primeiramente, se enche um copo com água, ficando algo como um centímetro de transbordar a boca. Deposita-se uma folha de papel sobre a boca do copo. Após, deve-se colocar uma das mãos sobre o papel e virar rapidamente a boca do copo para baixo, continuando a segurar a folha. Então se retira a mão que segura o papel. A folha não cairá. Na Figura 1 (fotos A, B, C e D) é demonstrada a sequência completa.

Figura 1 – Demonstração do experimento “Pressão atmosférica”

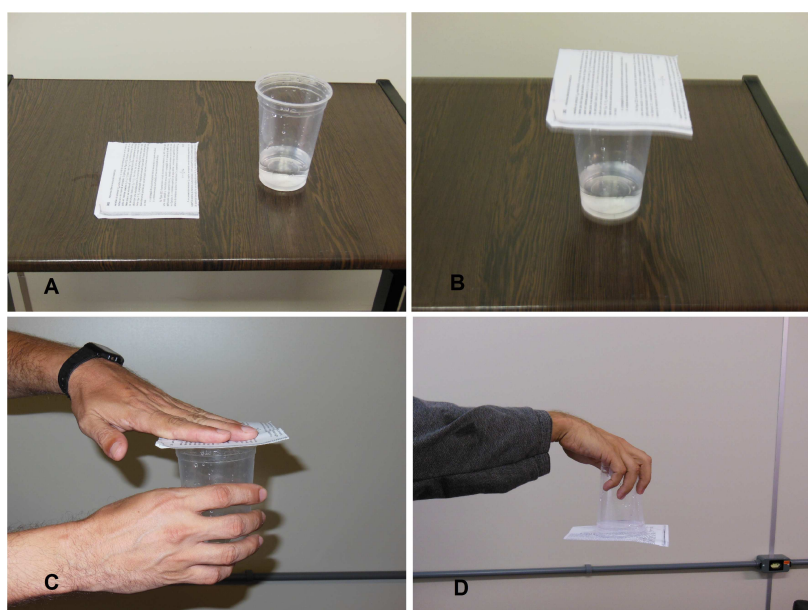


Foto: Acervo dos autores.

Outro experimento que utiliza a pressão atmosférica, para criar um efeito de magia interessante, é o da vela em pé sobre um prato com água. Colocando um copo vazio sobre a vela, a água será sugada para dentro do copo. (*Mágica do Vácuo da Vela – Água Que Sobe*, 2011). Como isso pode ser explicado?

5.2 Operações matemáticas com incógnitas

Experimento para evidenciar o princípio matemático da magia: segundo Miranda (2014), um truque interessante é o professor chamar um aluno e anunciar que descobrirá a idade dele, se o aluno conseguir efetuar alguns cálculos matemáticos envolvendo operações básicas de soma, subtração e multiplicação. Deve ser combinado

que o aluno executará para si a sequência de cálculos matemáticos e que o professor solicitará, no término dos cálculos, apenas o número que representa o resultado final. A partir desse resultado, o professor “adivinhará” a idade do aluno.

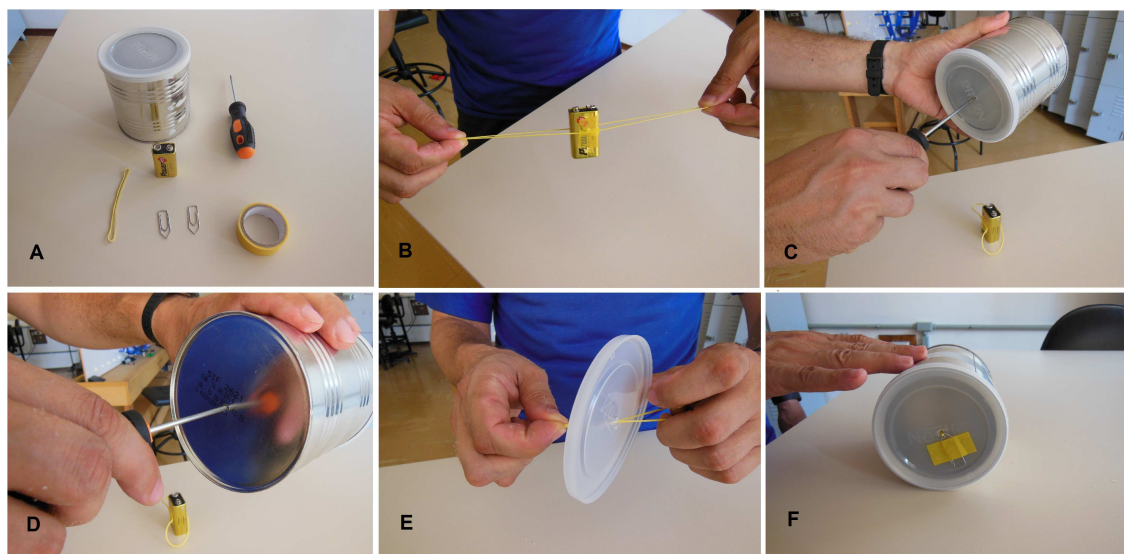
Para exemplificar como o procedimento funciona, vamos supor que o aluno tenha 16 anos. Porém, como essa é uma informação que deverá ser incógnita para o professor e para os demais alunos, a chamaremos de I . A sequência de operações que o aluno deverá fazer para si, mediante solicitação do professor, é:

- 1) multiplicar sua idade por quatro: $4 \times I$;
- 2) somar vinte ao resultado do passo anterior: $(4 \times I) + 20$;
- 3) subtrair o dobro da sua idade do resultado do passo anterior: $(4 \times I) + 20 - (2 \times I)$;
- 4) subtrair 10 do resultado encontrado: $(4 \times I) + 20 - (2 \times I) - 10$;
- 5) somar o triplo da sua idade ao resultado: $(4 \times I) + 20 - (2 \times I) - 10 + (3 \times I)$;
- 6) revelar o resultado total para a turma;
- 7) o professor “adivinhará” a idade do aluno.

5.3 Energia potencial elástica

Experimento para evidenciar o princípio científico da mágica: Pegar uma lata vazia, como as de chocolate em pó, de 400 ml; uma chave de fenda; um elástico em forma de laço; dois cliques; fita adesiva e uma bateria de 9 V (Figura 2 A). No meio do elástico esticado deve ser fixada, com a fita adesiva, a bateria de 9 V (Figura 2 B). A bateria não será usada eletricamente, está ali apenas para fornecer uma massa adequada para o propósito da experiência. Ela pode ser trocada por qualquer objeto mais ou menos com a mesma massa e forma. Com a chave de fenda, fazer um pequeno buraco no meio da tampa da lata (Figura 2 C), de modo que um trecho do elástico passe por ali. Buraco equivalente deve ser feito na base da lata (Figura 2 D). Esticar o laço elástico de modo que uma parte dele passe por um dos buracos (Figura 2 E) e a parte oposta pelo buraco restante. Os dois extremos do elástico devem ser fixados do lado de fora dos buracos pelos cliques e fita adesiva (Figura 2 F). A lata é empurrada girando para longe, mas a medida que gira sua velocidade vai diminuindo, até parar, e depois volta na direção do seu “dono”.

Figura 2 – Demonstração prática do experimento “Energia potencial elástica”

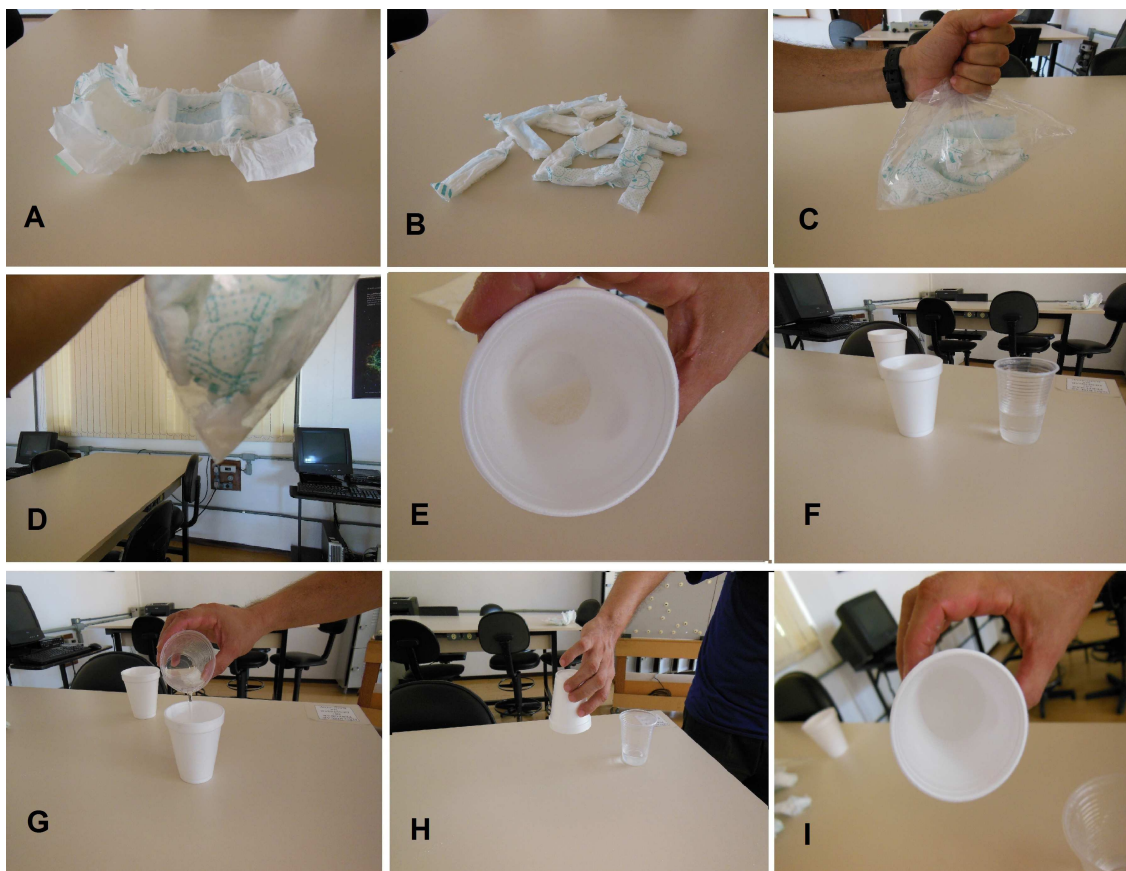


Fonte: Acervo dos autores.

5.4 Polímero superabsorvente

Experimento para evidenciar o princípio científico da magia: Segundo Bastos (2014), um truque de química interessante envolve poliacrilato de sódio misturado com água. A água se converte em um gel com alta viscosidade (muito maior do que a da água). O poliacrilato de sódio pode ser comprado em potes, usados para a agricultura. Todavia, como ele pode ser encontrado em fraldas, que são produtos mais comuns, vamos tomar o princípio do experimento como a extração do poliacrilato de sódio de uma fralda. Tome uma fralda comum, de qualquer marca ou modelo (Figura 3 A). Com uma tesoura corte as abas, que não terão utilidade e também corte o miolo da fralda em tiras (Figura 3 B). Coloque as tiras em um saco plástico, e segure o mesmo pela boca (Figura 3 C). Agite o saco por alguns segundos para o poliacrilato de sódio soltar-se. É possível observá-lo acumulado na parte baixa do saco plástico (Figura 3 D). Esvazie o saco e deposite o poliacrilato em um copo, não transparente (Figura 3 E). Encha outro copo com água (Figura 3 F). Derrame a água no copo com poliacrilato de sódio (Figura 3 G). Espere em torno de 10 segundos e vire o copo com a água misturada com o poliacrilato de boca para baixo (Figura 3 H). A água não caiu porque a mistura formou um gel viscoso que fica preso ao copo (Figura 3 I). Porém, uma pessoa que viu um copo ser enchido com água e não sabe que ali nesse copo há poliacrilato de sódio, deve muito provavelmente se apavorar se alguém ameaçar despejar o conteúdo do copo sobre sua cabeça.

Figura 3 – Demonstração prática do experimento “Polímero superabsorvente”



Fonte: Acervo dos autores.

5.5 Estática e equilíbrio

Experimento para evidenciar o princípio científico da mágica: Selecionar um garfo e uma colher, do mesmo conjunto de talheres (onde geralmente garfo e colher têm aproximadamente o mesmo tamanho e são feitos do mesmo material), um palito de fósforo e um copo (Figura 4 A). Encaixe os dentes do garfo na cabeça da colher de maneira que ambos fiquem presos um ao outro, formando um objeto cujo comprimento é quase a soma do comprimento da colher e do garfo (Figura 4 B). Pelo lado côncavo do objeto fazer passar aproximadamente um terço do palito entre os dentes do meio do garfo em uma posição que ele fique o mais próximo da cabeça da colher (Figura 4 C). Apoiar o outro lado do palito na borda do copo. Achando o ponto de apoio certo, o sistema ficará equilibrado, mesmo que a massa dos talheres esteja em apenas um lado do palito (Figura 4 D).

Figura 4 – Demonstração prática do experimento “Estática e equilíbrio”



Fonte: Acervo dos autores.

6. Respostas

6.1 Resposta da atividade 5.1 “Pressão atmosférica”

A atmosfera é composta por vários gases (sendo o gás de nitrogênio e o gás de oxigênio os mais abundantes) e se estende desde o nível do mar até quatrocentos e oitenta quilômetros de altitude. (ON, 2011, p. 1). A atmosfera exerce uma força sobre a área dos corpos nela imersos, gerando sobre eles a chamada *pressão atmosférica*. Ela não atua sobre os corpos apenas de cima para baixo, mas em todas as direções, pela frente, por trás, pelo lado direito, pelo lado esquerdo, e também de baixo para cima. É esse sentido de baixo para cima que está atuando sobre o papel na boca do copo. A unidade da pressão no Sistema Internacional de Unidades é o Pascal (Pa), ou Newton por metro quadrado (N/m^2). Seu valor ao nível do mar é $1,01 \times 10^5$ Pa. Ou seja, ela aplica uma força de aproximadamente 100.000 N sobre cada metro quadrado do que

quer que esteja ali, inclusive nós. É o equivalente a algo de 10 toneladas sobre essa área. Então, por que a pressão atmosférica não nos esmaga? Não somos esmagados porque ao respirarmos absorvermos os gases da atmosfera, estes entram no nosso corpo mantendo a mesma pressão que há do lado de fora. Essa pressão interna atua também sobre a superfície do nosso corpo, desta vez de dentro para fora, criando um equilíbrio entre a pressão interna e a pressão externa. Equilíbrio que sabiamente a evolução nos permitiu perturbar na medida certa, para que pudéssemos realizar atividades como respirar, fazer líquidos subirem por canudos, possibilitar que objetos mais pesados que o ar, como aviões, possam voar.

6.2 Resposta da atividade 5.2 “Operações matemáticas com incógnitas”

O aluno que possui 16 anos encontrará o valor 90. Então o professor, que previamente sabe que a expressão do passo 5) pode ser simplificada, $(4 \times I) + 20 - (2 \times I) - 10 + (3 \times I) = (5 \times I) + 10$, simplesmente fará a relação: $(5 \times I) + 10 = 90$, encontrando o valor da incógnita, $I = 16$.

O interessante do truque está em que com essa sequência se é capaz de chegar a idade de qualquer pessoa. Na verdade, esse experimento utiliza um ilusionismo através dos números, mais do que uma propriedade matemática mais peculiar (como as listadas no próximo parágrafo). Para entender isso, vamos tomar um procedimento mais simples. O professor diz que pedirá um cálculo ao aluno e a partir do resultado descobrirá sua idade. Porém, o cálculo que o aluno deverá fazer é simplesmente multiplicar sua idade por dois. Então o professor faz a divisão por dois do resultado e descobre a idade. É claro que esse é um procedimento óbvio, mas tem a mesma natureza da sequência de passos acima. Então, a sequência de várias operações está ali para disfarçar “o truque”, que é manter o resultado sempre proporcional a um fator conhecido, de maneira que sempre a mesma operação entre ambos leva ao resultado da idade. Sugere-se como atividade que o aluno seja desafiado a criar sua própria sequência de cálculos, para descobrir qualquer idade. Contudo, há várias peculiaridades com a matemática, que permitem elaborar truques interessantes de “adivinhação”. Por exemplo, todos os números de 1 a 9, que forem multiplicados por 9, gerando um resultado de dois dígitos, se esses dois dígitos forem somados, a soma resulta no número 9. Também há uma técnica com o número 101, em que qualquer número multiplicado pelo número 101 gera um resultado que é o próprio número multiplicado em sequência. Por exemplo, $101 \times 17 = 1717$. Há também alguns truques envolvendo baralhos e adivinhação que puramente se explicam pela lógica da matemática. Uma

busca rápida pela internet com palavras-chave, como: a *mágica dos números*, ou *matemática mágica*, levará a tais exemplos.

6.3 Resposta da atividade 5.3 “Energia potencial elástica”

A energia, sem dúvidas, concorre como favorita ao título de grandeza mais importante da ciência. Tudo que nos cerca contém energia. Ela nunca some ou aparece a partir do nada, está sempre a se transformar. Nosso mundo é diversificado porque existem várias formas de energia que um sistema pode absorver, armazenar ou transferir, como as energias cinética, potencial gravitacional, potencial elástica, potencial elétrica, nuclear, entre outras, além do calor, que é definido como uma forma de energia em trânsito. O experimento aqui proposto trabalha com duas formas de energia que são estudadas dentro do conteúdo de mecânica: a energia cinética (aqui manifestada nas formas translacional e rotacional) e a energia potencial elástica. O sistema é construído para propiciar que uma se transforme na outra, dentro de um regime aproximadamente conservativo (em que perdas de energia por atrito, com superfícies durante o deslocamento ou com o ar, são pequenas, a ponto de poderem ser ignoradas). Assim, a lata ao girar irá transformar sua energia cinética para a forma de energia potencial elástica, manifestada na torção do elástico que prende a pilha. Quando a lata cessa seu movimento, a energia do sistema está concentrada toda no elástico torcido, que passa a liberá-la de volta à lata, através da execução de trabalho, e essa passa a se movimentar novamente no sentido oposto (de volta). Um vídeo de demonstração dessa experiência pode ser encontrado em “Mundo da Química” (2014).

6.4 Resposta da atividade 5.4 “Polímero superabsorvente”

Os polímeros superabsorventes são materiais hidrofílicos capazes de absorver grandes quantidades de água ou soluções aquosas. Apesar de serem aplicados em áreas como agricultura e medicina, provavelmente estejam na confecção de absorventes íntimos e fraldas, através do poliacrilato de sódio ($\text{CH}_2=\text{CHCOON}_a$), sintetizado a partir da neutralização parcial e posterior polimerização do ácido acrílico, o exemplo mais comum de sua aplicação. O efeito da absorção resulta do alojamento de moléculas relativamente pequenas entre as moléculas do polímero, que assim se afastam entre si. Através do alojamento e afastamento das moléculas, os polímeros superabsorventes podem reter cerca de 100 a 1.000 gramas de água por grama de polímero inicialmente seco. (ROSA et al., 1992).

Há vídeos disponíveis na internet (A Ciência é Mágica, 2013; Manual do Mundo, 2012) que demonstram números de mágicas diferentes, partindo desse mesmo princípio, reforçando que mesmo a base científica sendo comum, a criatividade pode ampliar as possibilidades de se fazer um truque com ela.

6.5 Resposta da atividade 5.5 “Estática e equilíbrio”

A estática é uma área de estudo relacionada diretamente às Leis de Newton e ao cálculo vetorial, mais especificamente quando as leis de Newton são utilizadas para descrever sistemas sem movimento, com relação a um conjunto particular de coordenadas. Há inúmeros casos que podem ser relacionados como característicos do estudo da estática, e todos são enquadrados em duas condições: a) em um sistema estático o somatório de todas as forças que atuam sobre ele é nulo; b) o somatório dos torques (ou *momentos*, em algumas literaturas) que atuam sobre o sistema também é nulo. Uma variante desse experimento consiste em latas de refrigerante com a quantidade certa de líquido, areia, ou similar, em seu interior que ficam equilibradas em diversas posições (Equilíbrio: uma lata de Coca-Cola na borda de um copo, 2012) e locais, inclusive na borda de copos.

Referências

A CIÊNCIA é Mágica. 2013. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=uNpHzlDpA8>>. Acesso em: 30 jan. 2015.

AUSUBEL, D. P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003. Tradução do original. *The acquisition and retention of knowledge*, (2000).

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BASTOS, Adriana. *A ciência é mágica*. Disponível em:

<<http://cienciaemagica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 29 out. 2014.

Breaking Magic: Magical Glass. 2014. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=IzpYaaUTCRI>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

How To Really Levitate – Like Magic! 2013. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=H6vOaCBsWJM>, acessado em: 29 jan. 2015.

- Equilíbrio uma lata de coca-cola na borda de um copo.* 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=hneLgAOE1TM>>. Acesso em: 29 jan. 2015.
- Mágica em cena.* 2013. Disponível em: <<http://magicaemcena.blogspot.com.br/2013/12/estas-4-reacoes-quimicas-vaio-deixar.html>>. Acesso em: 29 jan. 2015.
- Mágica do vácuo da vela* (Água que sobe). 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Vv99iNo9zkw>>. Acesso em: 29 jan. 2015.
- Manual do Mundo.* 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=vimxySP5S2Q>>. Acesso em: 30 jan. 2015.
- MIRANDA, Danielle. 2014. Disponível em: <<http://educador.brasile scola.com/estrategias-ensino/um-pouco-magica-na-matematica.htm>>. Acesso em: 19 set. 2014.
- Mundo da Química.* 2014. Disponível em: <<http://www.mundodaquimica.com.br/2012/09/experiencia-da-lata-magica/>>. Acesso em: 29 out. 2014.
- ON. *Atmosfera.* Observatório Nacional. 2011. Disponível em: <http://www.on.br/pequeno_cientista/conteudo/revista/pdf/atmosfera.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2015.
- ROSA, F. Bordado J. M; CASQUILHO, M. 1992. *Polímeros subabsorventes: potencialidades e aplicações.* Dossier Comunicações. Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/~ist11038/compute/_fitting/Ing98-DC_Quim8.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2015.
- SOLER, J. G. M.; RABELO, A. P. B. Ensinando com “mágica”: equilíbrio estático. 2007. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 26, n. 1, p. 27-31, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/ABENGE/v26n01/v26n01a04.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2014.

Obtenção de um polímero biodegradável a partir da maisena

Matheus Poletto

1. Objetivo: esta aula prática tem por objetivo a produção de um filme polimérico biodegradável utilizando amido de milho proveniente da maisena.

2. Conteúdo: Química, Química Orgânica

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Médio

4. Referencial teórico

Nos últimos, anos tem sido crescente o interesse da indústria na utilização de materiais poliméricos ambientalmente amigáveis e oriundos de fontes renováveis, como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte indevido dos plásticos tradicionais. (THIRÉ et al., 2004; FRANCHETTI; MARCONATO, 2006). Devido à sua excelente biodegradabilidade, baixo custo e obtenção a partir de recursos renováveis, o amido constitui-se uma fonte promissora para obtenção de plásticos biodegradáveis. (THIRÉ et al., 2004). Os plásticos à base de amido são geralmente utilizados para a confecção de itens descartáveis, como sacos de lixo, talheres, copos, pratos, entre outros. (THIRÉ et al., 2004). No entanto, apresentam grande potencial para aplicações alimentícias, farmacêuticas, como matrizes para a liberação controlada de medicamentos e também são utilizados em aplicações na área da agricultura, como cobertura temporária de mudas e tubetes para o plantio de mudas, devido ao seu caráter biodegradável, além de fornecer nutrientes para o desenvolvimento das mudas. (RYU et al., 2002; THIRÉ et al., 2004; FAKHOURI et al., 2007).

O amido é um polissacarídeo pertencente à classe dos carboidratos, formado por meio da união de várias unidades de D-glicose. (THIRÉ et al., 2004; LEAL; MOITA NETO, 2013). É a principal fonte de armazenamento de energia das plantas, está presente em raízes, frutos, tubérculos e sementes. (FRANCISCO JÚNIOR, 2008; LEAL; MOITA NETO, 2013). Constitui-se de duas moléculas de polissacarídeos ligeiramente diferentes, a amilose e a amilopectina, que só podem ser observadas após a solubilização e separação dos grânulos. (LEAL; MOITA NETO, 2013). As principais fontes comerciais de amido são o milho, a batata, o arroz, o trigo e a mandioca, porém, dentre outras fontes promissoras pode-

se destacar os tubérculos de inhame (*Dioscorea alata*) e os grãos de aveia (*Avena sativa*). (CORRADINI et al., 2007; MALI et al., 2010).

O amido de inhame, quando comparado com os amidos provenientes de milho, batata, mandioca, entre outros, apresenta um teor médio de amilose mais elevado, conforme apresentado na Tabela 1. Os elevados teores de amilose, no amido de inhame, são interessantes para a confecção de filmes, e no caso da aveia, embora apresente larga variação nos conteúdos de amilose e amilopectina, em virtude dos diferentes cultivares que possui, os filmes produzidos com este tipo de amido são mais estáveis às condições ambientais, devido provavelmente ao maior teor de lipídios que a aveia apresenta, quando comparada a outras fontes naturais. (MALI et al., 2010).

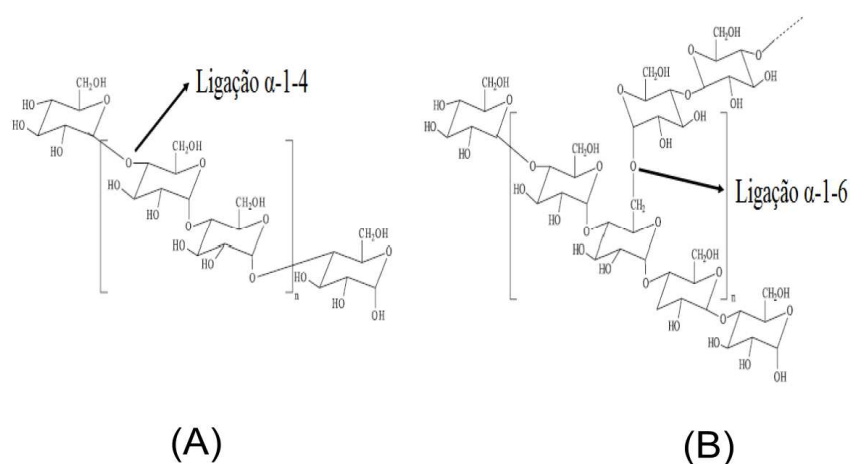
Tabela 1 – Conteúdo de amilose de diversos amidos naturais

Fonte vegetal	Amilose (%)
Milho	25-28
Batata	20-23
Arroz	15-25
Trigo	20-26
Mandioca	16-20
Inhame	30
Aveia	16-33

Fonte: Corradini et al. (2007); Mali et al. (2010).

De acordo com o que foi apresentado na Tabela 1, a amilose constitui-se de 20 a 30% do amido, sendo composta por uma cadeia não ramificada, ou seja, linear de unidades de D-glicose unidas por meio de uma ligação α -1-4-glicosídica. A amilopectina perfaz os 70 a 80% restantes do amido, e consiste em longas cadeias de unidades de D-glicose unidas entre a ligação α -1-4-glicosídica, porém ela é uma molécula altamente ramificada com ligações cruzadas entre o carbono número 1 de uma unidade de glicose e o carbono número 6 de outra unidade, ligação α -1-6-glicosídica, ocorrendo a cada 20 a 25 unidades de glicose. (FRANCISCO JÚNIOR, 2008; MALI et al., 2010; LEAL; MOITA NETO, 2013), conforme mostrado na Figura 1. As variações nas proporções, entre estes dois componentes e também entre suas estruturas e propriedades, resultam em amidos com propriedades físico-químicas e funcionais muito diferentes, que podem afetar as suas aplicações industriais. (MALI et al., 2010).

Figura 1 - Estrutura química da amilose (a) e da amilopectina (b) mostrando os dois tipos de ligações glicosídicas



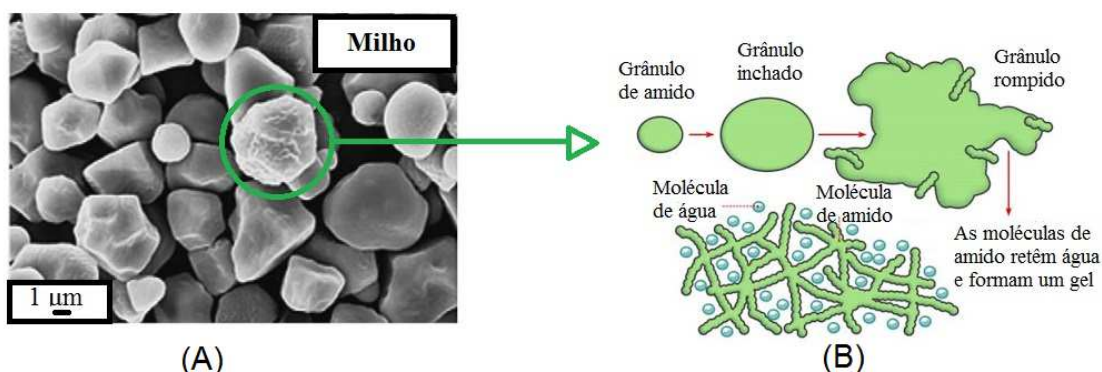
Fonte: Adaptado de Corradini et al. (2005).

No interior das células de raízes, frutos, tubérculos e sementes, existem milhares de grânulos de amido que foram produzidos durante a fotossíntese. (LEAL; MOITA NETO, 2013). Os grânulos são semicristalinos, ou seja, a parte linear das moléculas de amilopectina forma estruturas helicoidais duplas, estabilizadas por ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxila, dando origem às regiões semicristalinas dos grânulos. A região amorfa é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da amilopectina (MALI et al., 2010).

A utilização do amido para produção de filmes está baseada nas propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose, para formar géis e também na sua capacidade de formar filmes finos. As moléculas de amilose, quando dispersas em água, devido a sua linearidade, tendem a se orientar paralelamente, aproximando-se o suficiente para que as ligações de hidrogênio entre hidroxilas de cadeias adjacentes possam ocorrer. Como resultado a afinidade do polímero por água é reduzida, favorecendo a formação de pastas opacas e filmes resistentes. (MALI et al., 2010).

Quando aquecidos em presença de água, os grânulos de amido absorvem água e se dilatam até o ponto em que os grânulos incham o suficiente para se romperem, como mostrado na Figura 2. Assim, os grânulos perdem a sua estrutura inicial e começam a ficar gelatinizados. A gelatinização pode ser entendida como a formação de uma pasta viscoelástica turbida ou em concentrações elevadas de amido, com o surgimento de um gel elástico e opaco. (LEAL; MOITA NETO, 2013).

Figura 2 – Morfologia dos grânulos de amido de milho (aumento de 4500 x) (a) e o processo de gelatinização do amido (b)



Fonte: Adaptado de Guinesi et al. (2006); Abrantes (2014).

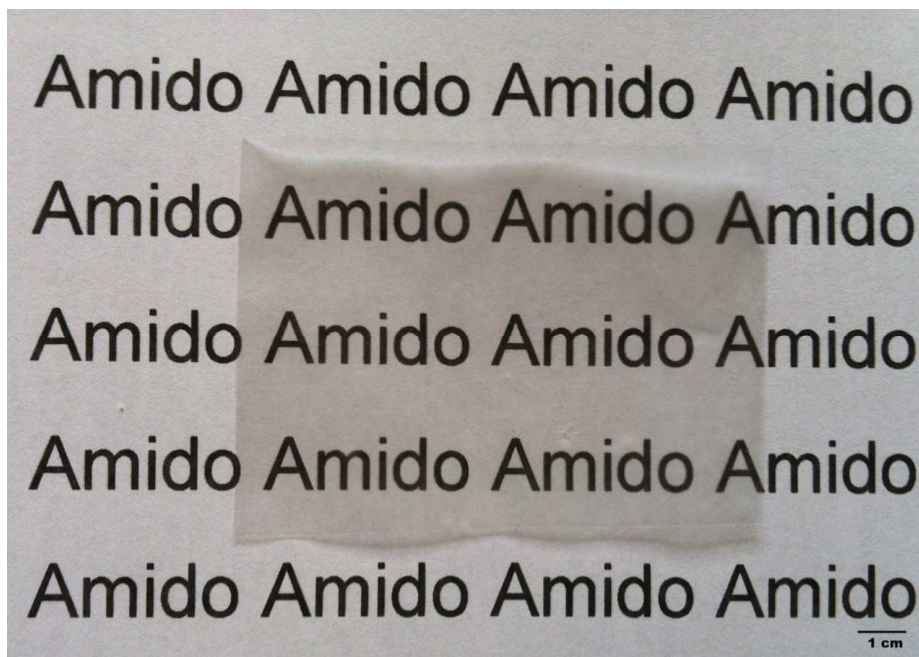
Desta forma, dois processos ocorrem sucessivamente para a formação do filme de amido: a gelatinização e, depois, a retrogradação. No primeiro, os grânulos de amido, que são insolúveis em água fria, devido às fortes ligações de hidrogênio, que ocorrem entre as diversas cadeias de amido, são aquecidos e, assim, a água incorpora-se na estrutura do grânulo de amido. Neste ponto, a amilose, que é o componente mais solúvel em água, dissocia-se e a difunde para fora do grânulo. Durante o aquecimento das dispersões de amido em excesso de água, inicialmente ocorre o inchamento dos grânulos, até que se atinja a temperatura de rompimento dos mesmos, acarretando a destruição da ordem molecular e as mudanças irreversíveis nas suas propriedades. Visualmente, pode-se observar o inchamento pelo aumento da viscosidade, tornando a dispersão de amido transparente, devido à maior incorporação de água. (ISOTTON, 2013). As moléculas de amido podem então começar a se unir umas com as outras, formando uma massa semissólida contendo grande quantidade de água, chamada gel. (LEAL; MOITA NETO, 2013). À medida que o gel esfria, uma parte da água apreendida pode ser eliminada, em um fenômeno conhecido como exsudação ou sinérese.

Após a gelatinização, as moléculas de amido podem começar a se reassociar através de ligações de hidrogênio, favorecendo a formação de uma estrutura mais ordenada, que, sob condições favoráveis, pode formar uma estrutura novamente cristalina (MALI et al., 2010). Este conjunto de alterações é chamado de retrogradação ou recristalização. A retrogradação é o mais importante fenômeno que leva ao envelhecimento dos filmes de amido, tornando-os mais rígidos e quebradiços, devido à eliminação da água que estava em excesso. O grau de retrogradação e as propriedades dos cristais de amido formados são influenciados não apenas pelas condições de armazenamento, tempo e temperatura após a gelatinização, mas também pela

concentração do amido, a origem deste, a cristalinidade, as estruturas e a razão entre amilose e amilopectina. (ISOTTON, 2013).

A Figura 3 apresenta um filme de amido termo plástico obtido a partir do amido de milho, após os processos de gelatinização e retrogradação. O filme foi colocado sobre um papel para mostrar a boa propriedade de transparência obtida. Desta forma, os filmes são utilizados como embalagens para alimentos, em que a transparência é necessária para que se possa observar melhor o produto. Contudo, os polímeros à base de amido apresentam uma séria limitação tecnológica, que provém de sua característica hidrofílica. (THIRÉ et al., 2004). O filme pode absorver água facilmente e inchar, o que pode acarretar a perda de suas propriedades, tanto mecânicas quanto de barreira a gases (THIRÉ et al., 2004), comprometendo sua aplicação.

Figura 3 – Filme de amido de milho com espessura de 1mm obtido após a retrogradação



Fonte: Elaborada pelo autor.

As possibilidades de aplicação do amido termoplástico em embalagens biodegradáveis estão baseadas na abundância, no baixo custo, na biodegradabilidade e na propriedade de formação de filmes deste material. (MALI et al., 2010). Por outro lado, a utilização deste material depende de sua adequação para produção em escala industrial, da continuidade dos estudos da estabilidade ao armazenamento deste polímero, combinados ou não aos alimentos, para contornar a sua baixa flexibilidade e baixa estabilidade, em condições de elevada umidade. (MALI et al., 2010).

5. Atividade

5.1 Obtenção de filmes de amido utilizando maisena

a) Materiais

Amido de milho (Maizena®)

- Água destilada
- Erlenmeyer de 250ml
- Copo de becker de 1000ml
- Proveta
- Bastão de vidro
- Termômetro
- Suporte universal
- Garra metálica para termômetro
- Ímã para agitar a dispersão
- Balança
- Agitador magnético com aquecimento

b) Procedimento experimental

1. Pesar 4g de amido de milho em um erlenmeyer.
2. Adicionar, com o auxílio de um proveta, 100 mL de água destilada.
3. Agitar com o bastão de vidro.
4. Colocar aproximadamente 100ml de água no copo de Becker e aquecer previamente a água até 85°C.
5. Assim que a água estiver a 85°C, colocar o erlenmeyer dentro do copo de becker, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Experimento utilizado para produção dos filmes de amido



Fonte: Elaborada pelo autor.

6. Aquecer a solução em banho-maria, sob agitação magnética constante, até que a temperatura da dispersão de amido e água destilada atinja 85°C.
7. Manter nesta temperatura por cerca de 5-10 min para que ocorra a gelatinização do amido.
8. Retirar do banho e resfriar a solução em um banho com água a temperatura de 25°C por aproximadamente 30 minutos.
9. Caso seja possível, espalhar a solução em filmes de teflon para favorecer a desmoldagem. Caso não seja possível, espalhar a solução em placas de Petri ou chapas poliméricas envoltas em um filme de PVC, ou em outra, uma superfície plana e maleável (para facilitar a desmoldagem) formando filmes.
10. Secar as placas contendo os filmes de amido em estufa a 60°C por 24h. As amostras também podem ser deixadas para secar no laboratório, até que toda a água evapore, cerca de 48h.

Observações:

- 1) Pequenas quantidades de corantes alimentícios também podem ser adicionadas à dispersão de amido e água destilada para produção de filmes de diferentes cores.

2) A biodegradabilidade do filme formado pode ser facilmente observada, após três ou quatro dias pelo ataque de micro-organismos a esse material. No intuito de estimular o senso de investigação dos estudantes, pode-se analisar alternativas de evitar a biodegradabilidade do filme produzido. A utilização de um sal como o cloreto de sódio pode contribuir para a redução do processo de biodegradação, uma vez que o sal de cozinha é utilizado para conservação de alimentos. Mais detalhes sobre este experimento podem ser encontrados em Leal e Moita Neto (2013).

6. Resposta

A experimentação no ensino de Química tem importância fundamental para o desenvolvimento de diversas competências, tais como poder de observação, argumentação, síntese, entre outras. (LEAL; MOITA NETO, 2013). Assim, é sugerida uma abordagem cujo princípio é a problematização dos resultados experimentais, a partir das observações e anotações dos alunos. Desta forma, podem ser empregadas fichas de observação experimental elaboradas previamente pelo professor. A ficha deve conter basicamente procedimento experimental, instruções e observações a serem realizadas pelos alunos, durante a realização do procedimento experimental e também algumas questões que suscitem a reflexão dos resultados experimentais.

O professor pode levantar algumas questões, tais como: Qual a importância dos polímeros biodegradáveis frente à utilização de recursos não renováveis? Qual é o papel das ligações de hidrogênio para a formação dos filmes de amido? Por que os filmes de amido apresentam limitações de uso, em condições de alta umidade? O que poderia ser feito para aumentar o tempo de vida útil do amido, em condições de elevada umidade? Tais atividades almejam que os estudantes sejam capazes de observar e registrar criticamente as modificações que ocorreram, além de refletir, argumentar e propor explicações baseadas nas suas observações e anotações, como também conseguir sintetizar tudo isso em um documento escrito.

Referências

ABRANTES, A. Princípios básicos da ciência alimentar. 2014. Disponível em: <<http://www.mosaicogastronomico.com.br/tecnicas-de-cozinha/principios-basicos-da-ciencia-alimentar/>>. Acesso em: mar. 2015.

CORRADINI, E. et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados de milho com diferentes teores de amilose. *Polímeros*, n. 15, p. 268-273. doi: 10.1590/S0104-14282005000400011

CORRADINI, E. et al. *Amido termoplástico*. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007.

FAKHOURI, F.M. et al. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. *Food Science and Technology* (Campinas), n. 27, p. 369-375. doi:10.1590/S0101-20612007000200027

FRANCHETTI, S.M.M.; MARCONATO, J.C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. *Química Nova*, n. 29, p. 811-816. doi:10.1590/S0100-40422006000400031

FRANCISCO JÚNIOR, W.E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 29, p. 8-13, 2008.

GUINESI, L.S. et al. Kinetics of thermal degradation applied to starches from different botanical origins by non-isothermal procedures. *Thermochimica Acta*, n. 447, p. 190-196. doi:10.1016/j.tca.2006.06.002

ISOTTON, F.S. *Desenvolvimento e caracterização de filmes de amido de milho eterificado com plastificante glicerol, sorbitol e poli(álcool vinílico)*. 2013. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos e Tecnologias) – Universidade de Caxias do Sul, 2013.

LEAL, R.C.; MOITA NETO, J.M. Amido: entre a ciência e a cultura. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 75-78, 2013.

MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina*, n. 31, p. 137-156. doi:10.5433/1679-0359.2010v31n1p137

RYU, S.Y. et al. Preparation and physical properties of zein-coated high-amylose corn starch film. *LWT – Food Science and Technology*, n. 35, p. 680-686. doi:10.1006/fstl.2002.0929

THIRÉ, R.M.S.M. et al. Redução da hidrofobicidade de filmes biodegradáveis à base de amido por meio de polimerização por plasma. *Polímeros*, n. 14, p. 57-62. doi:10.1590/S0104-14282004000100015.

Capítulo 16

Montagem de pequenos painéis fotovoltaicos

Dario Eberhardt, Juliane Bernardes Marcolino, Gabriel Zottis Filomena

1. Objetivo: esclarecer e desmitificar o uso de painéis fotovoltaicos aos alunos e professores das áreas de ciências e de física, possibilitando a apresentação de experimentos que utilizam energia renovável com baixíssimo custo.

2. Conteúdo: Física

3. Público-alvo: Alunos do Ensino Fundamental e Médio

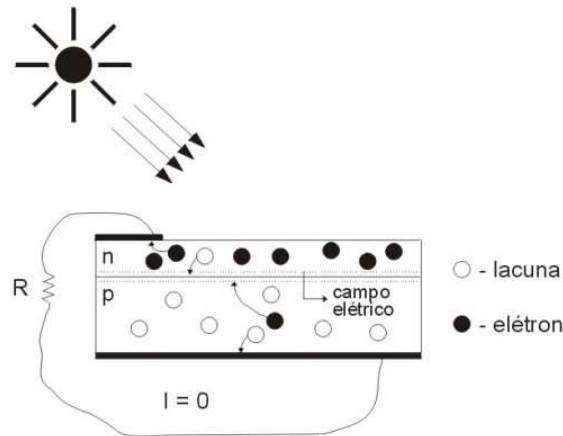
4. Referencial teórico

A célula solar é o dispositivo que possibilita converter energia solar em energia elétrica. O princípio básico ocorre pela incidência de fótons no dispositivo, que produz uma diferença de potencial (ddp) e corrente elétrica (i), conhecido como o efeito fotovoltaico.

O efeito fotovoltaico foi identificado pela primeira vez, em 1839, pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel. Ele observou uma diferença de potencial entre dois eletrodos (placas metálicas) imersos em um eletrólito, quando se incidia luz. A primeira célula solar, fabricada em silício, foi desenvolvida por Gerald Pearson (Físico), Calvin Fuller (Químico) e Daryl Chapin (Engenheiro), em 1954. (VALLÊRA; BRITO, 2006).

A estrutura básica de uma célula solar é uma lâmina de silício, dopada com impurezas do tipo n e do tipo p, com contatos metálicos em suas faces (lados). Este dispositivo, com junção pn, origina um campo elétrico que orienta o movimento de cargas do lado n para o lado p, gerando corrente elétrica. Assim, quando um fóton incide neste dispositivo, este pode ser absorvido gerando um par elétron-lacuna, conforme ilustrado na Figura 1.

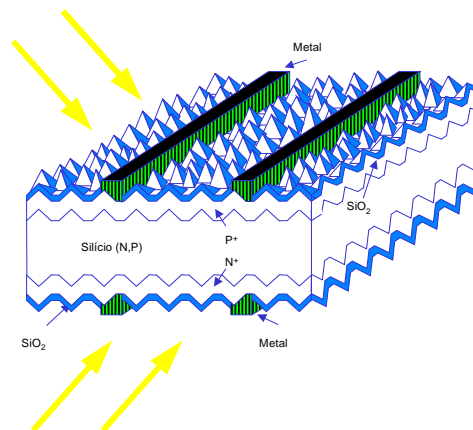
Figura 1 – Célula solar com junção pn com geração de pares elétrons-lacunas



Fonte: Eberhardt (2005).

As lacunas são direcionadas para a região tipo p, acarretando a extração de um elétron do metal que constitui o contato. Os elétrons são orientados para o lado n, injetando-se no metal da malha metálica. Se este dispositivo for conectado a um circuito externo, obtém-se, então, uma corrente elétrica e uma diferença de potencial. Observe, na Figura 2, o esquema completo de uma célula solar, fabricada em substrato de silício cristalino.

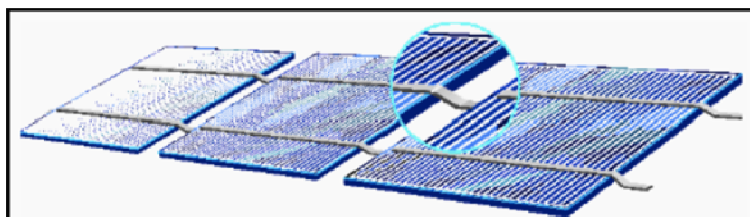
Figura 2 – Esquema completo de uma célula solar fabricada em substrato de Si



Fonte: Eberhardt (2005).

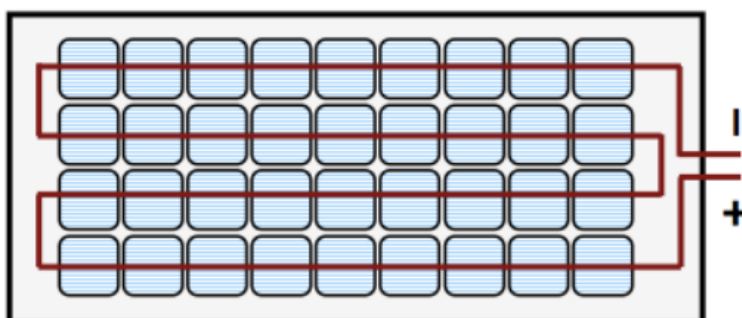
O conjunto de células solares associadas em série (Figura 3) formam o módulo fotovoltaico (Figura 4).

Figura 3 – Esquema de células solares associadas em série



Fonte: Carneiro (2010).

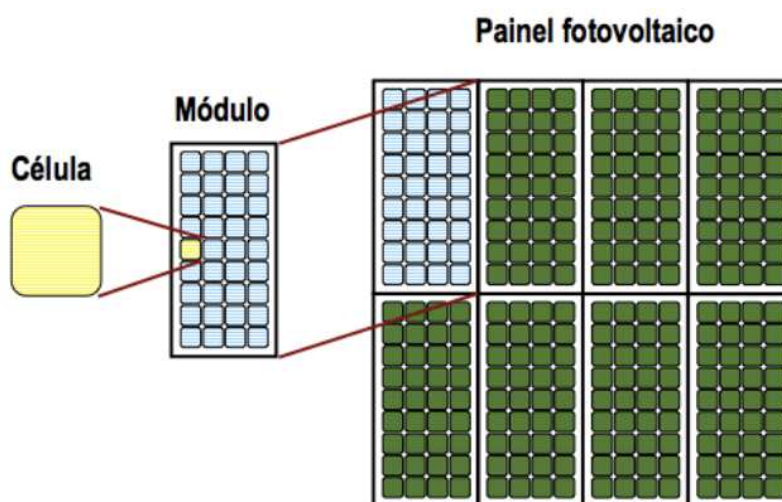
Figura 4 – Módulo fotovoltaico formado pela associação de 36 células solares



Fonte: Carneiro (2010).

O conjunto de módulos fotovoltaicos é denominado de painel fotovoltaico (Figura 5).

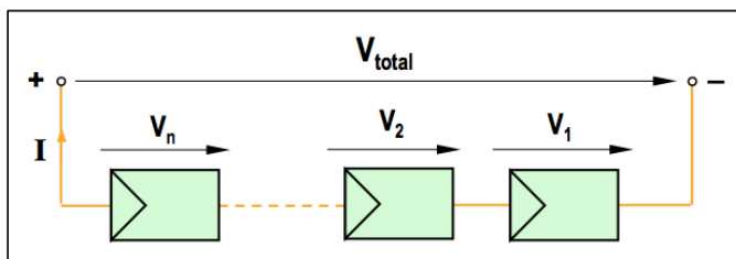
Figura 5 – Esquema da composição do painel fotovoltaico



Fonte: Carneiro (2010).

Na Figura 6, pode-se observar a representação de um circuito em série, outra maneira esquemática de apresentar a ligação em série dos módulos fotovoltaicos.

Figura 6 – Representação esquemática de módulos fotovoltaicos conectados em série



Fonte: Carneiro (2010).

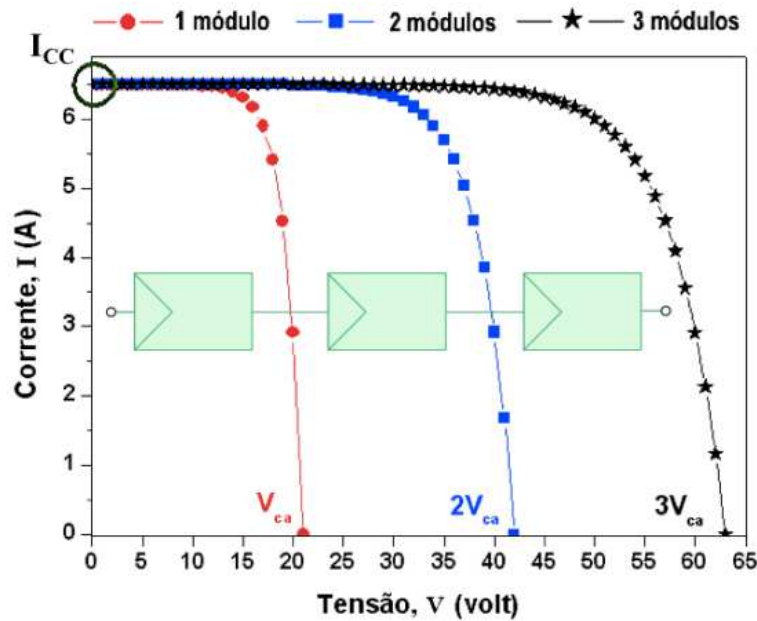
Portanto, é possível estabelecer relações entre as tensões e as correntes das diferentes células solares que compõem o módulo fotovoltaico, conforme as seguintes relações:

$$V_1 = V_2 = \dots V_n = V \rightarrow V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n = n \cdot V \quad (1)$$

$$I_1 = I_2 = \dots I_n = I \quad (2)$$

A partir da caracterização dos módulos fotovoltaicos associados em série, neste caso três módulos, é possível montar um gráfico da corrente elétrica, em função da tensão (curva IV) (Figura 7).

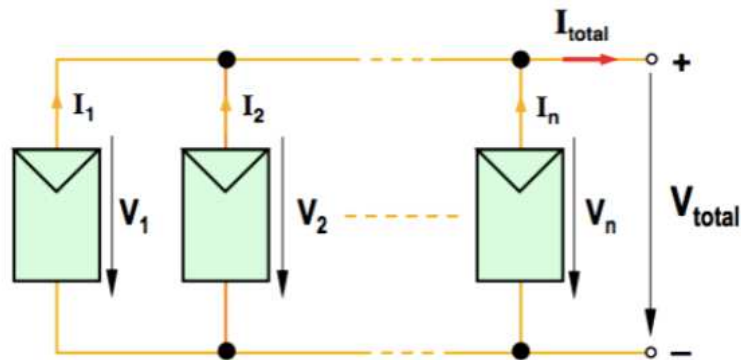
Figura 7 – Gráfico de corrente em função da tensão (curva IV) para associação em série de três módulos



Fonte: Carneiro (2010).

Também é possível conectar os módulos em paralelo. Esta conexão, geralmente, é realizada em sistemas autônomos, conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 – Esquema de uma associação em paralelo de módulos fotovoltaicos



Fonte: Carneiro (2010).

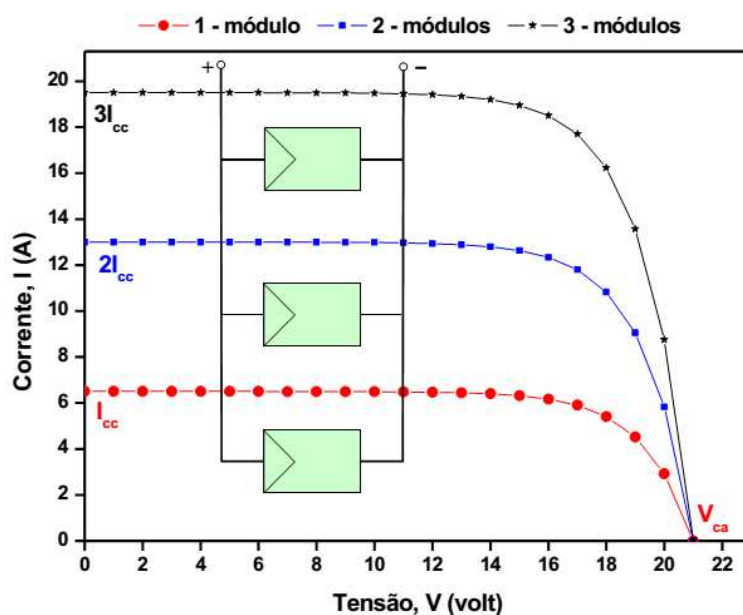
Um sistema de módulos em paralelo permite que se mantenha o nível de tensão estipulado pelo módulo, bem como correntes elétricas mais elevadas, o que se observa nas relações abaixo:

$$I = I_1 = I_2 \cdots = I_n \quad \rightarrow \quad I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + \cdots + I_n = n \cdot I \quad (3)$$

$$V_{\text{total}} = V = V_1 = V_2 \cdots V_n \quad (4)$$

Também, pela caracterização dos módulos associados em paralelo (três módulos), é possível montar um gráfico de corrente elétrica em função da tensão (curva IV) (Figura 9).

Figura 9 – Gráfico de corrente em função da tensão (curva IV) para associação em paralelo de três módulos



Fonte: Carneiro (2010).

5. Atividade

5.1 Montagem do painel fotovoltaico

Para a realização da montagem de painéis fotovoltaicos, a baixo custo, é necessária a compra de pequenas luminárias fotovoltaicas de jardim (kit), conforme apresentado na Figura 10. Estas luminárias podem ser adquiridas em ferragens (custo unitário entre R\$7,00 e R\$15,00) ou pela internet, ao custo em torno de U\$ 2,00. Também pode-se encontrar *kits* com peças faltantes, quebradas ou com mau funcionamento, nestes casos, é fácil a aquisição por preços bem-inferiores. Pode-se solicitar para a escola um ofício de compra destes materiais.

Figura 10 – Luminárias de Jardim (*kit* para montagem dos painéis fotovoltaicos)



Fonte: Acervo dos autores.

Este *kit* tem fácil manuseio. Para dar início à montagem dos painéis, será necessária a remoção do circuito interno e da bateria da célula da luminária. Esta atividade poderá ser realizada em conjunto, professor e alunos, aumentando a interatividade e o interesse dos alunos em temas considerados complexos para o ensino em escolas de Ensino Médio. Para isso, é necessário um alicate de corte, um soldador, uma chave *Phillips* e um estilete (Figura 11).

Figura 11 – Ferramentas necessárias para a montagem dos painéis (alicate de corte, soldador, chave *Phillips* e estilete)

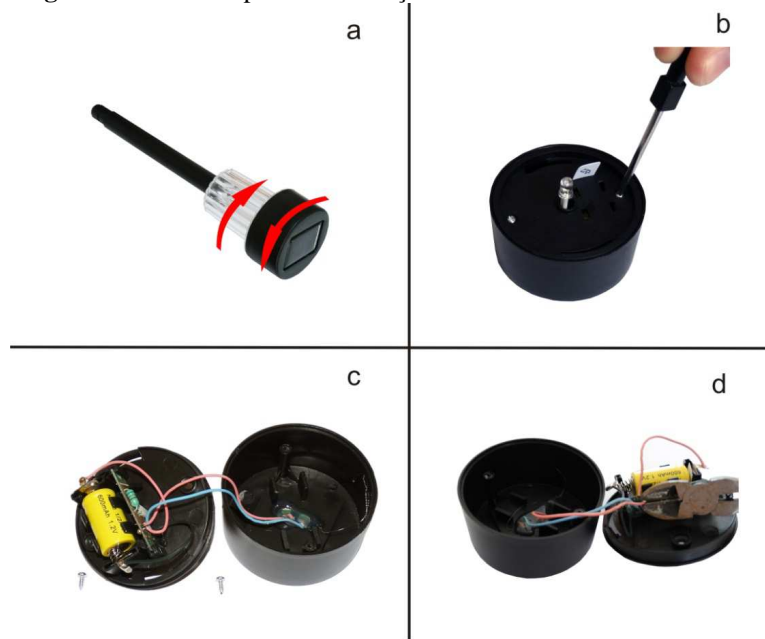


Fonte: Autores.

Primeiramente, gire a lanterna para a remoção do módulo, conforme Figura 12a. Retire os parafusos com o auxílio da chave *Phillips* (Figura 12b). Com cuidado, abra a tampa (pode-se observar o circuito interno com a bateria) (Figura 12c). Para a remoção

dos mesmos, identifique a fiação (positivo e negativo) e corte os fios, utilizando o alicate de corte (Figura 12d).

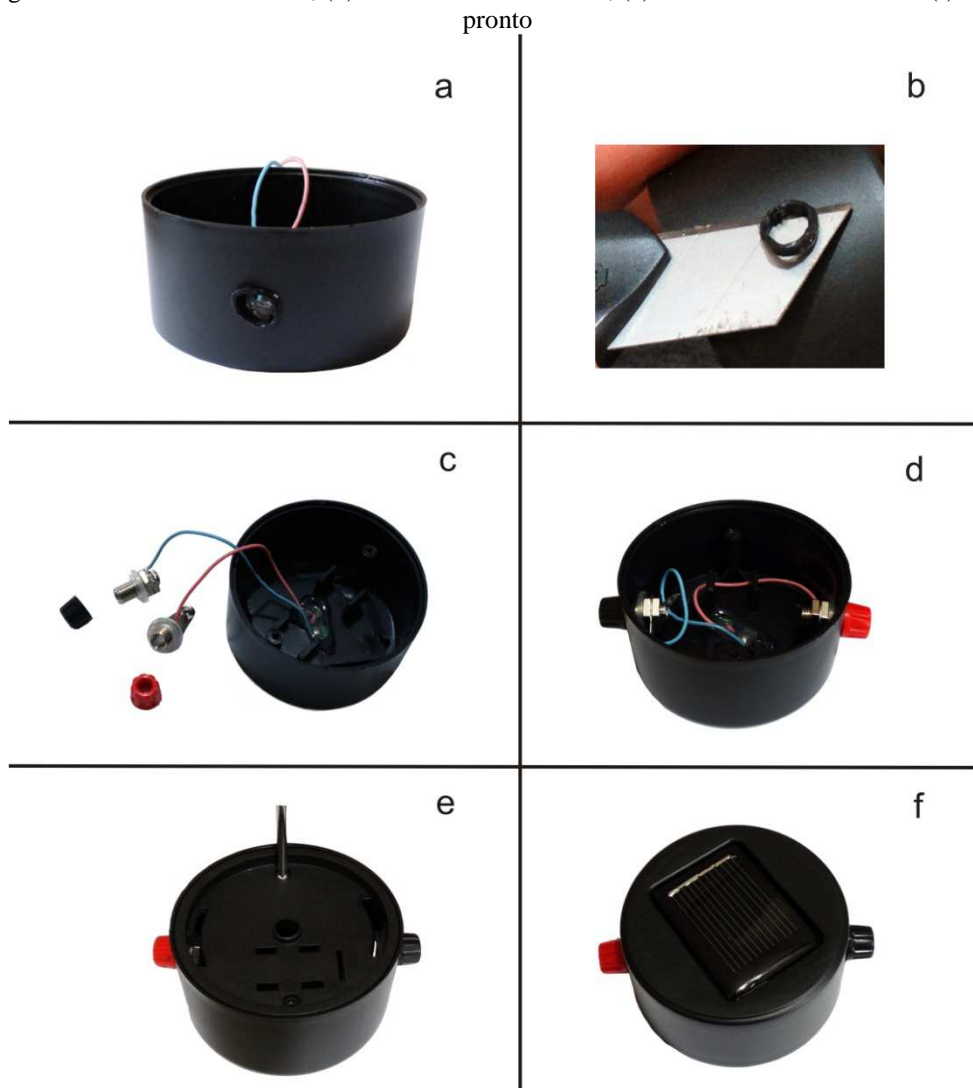
Figura 12 – Passo a passo da remoção do circuito interno e da bateria



Fonte: acervo dos autores.

A bateria desta luminária é de 1,2 V e pode ser utilizada como reguladora de tensão e de carga da bateria (da própria luminária) ou em outros experimentos. Com o auxílio de um soldador, faça dois orifícios perpendicularmente às posições de fixação dos parafusos (Figura 13a). Após retire as rebarbas utilizando o estilete (Figura 13b). Em seguida, solde o fio positivo em um conector do tipo banana (fêmea) e realize o mesmo procedimento para o fio negativo (Figura 13c). Encaixe os conectores nos respectivos orifícios (Figura 13d) e tampe a célula, fechando-a com os parafusos (Figura 13e). Assim, seu módulo fotovoltaico estará pronto para uso (Figura 13f).

Figura 13 – Imagens da construção dos módulos (a) realização dos orifícios, (b) retirada da rebarba, (c) soldagem dos conectores bananas, (d) encaixe dos conectores, (e) fechamento do módulo e (f) módulo pronto



Fonte: Acervo dos autores.

Realize este procedimento para todas as células que serão utilizadas no experimento, recomenda-se o uso de, no mínimo, três unidades, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 – Módulos que serão utilizados para a montagem dos painéis fotovoltaicos



Fonte: Acervo dos autores.

5.2 Atividades experimentais

Para se obter melhores resultados, sugere-se a realização do experimento em ambiente iluminado por sol (preferencialmente, em céu aberto, pois a passagem de nuvens pode interferir na luminosidade, resultando em dados com diferenças significativas que atrapalharam a interpretação dos mesmos) ou por fontes intensas de luz artificial (cuide para que esta fonte não seja de lâmpada fluorescente). Não se esqueça de anotar os valores observados no multímetro, depois de cada medida. Lembre-se que para leituras de medidas elétricas, em multímetros, inicia-se a leitura sempre na maior escala e, caso seja necessário, se ajusta a escala para a realização de uma medida mais adequada, garantindo o bom funcionamento do equipamento. Serão necessários seis cabos banana-banana com derivação. As medições foram realizadas em Porto Alegre (Latitude: 30° S – Longitude: 51° O) em 23/1/15 às 9h30min. A corrente de curto-circuito (I_{cc}) é o valor máximo da corrente de carga, igual, portanto, à corrente gerada por efeito fotovoltaico. O seu valor é uma característica da célula, dependente da radiação incidente e da temperatura. Tensão de circuito aberto (V_{oc}) é o valor máximo da tensão aos terminais da célula, que ocorre quando esta está desconectada a cargas. O seu valor também é uma característica da célula, dependente da radiação incidente e da temperatura. (CASTRO, 2002).

Para iniciar o experimento, conecte os polos de um dos módulos no multímetro para realizar a leitura de tensão e posteriormente, a leitura de corrente. (Figuras 15a e 15b).

Figura 15 – Um dos módulos fotovoltaicos conectados em série com o multímetro. (a) leitura de tensão e (b) corrente



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, associe o primeiro módulo ao segundo em série e após meça o valor e anote (Figuras 16a e 16b).

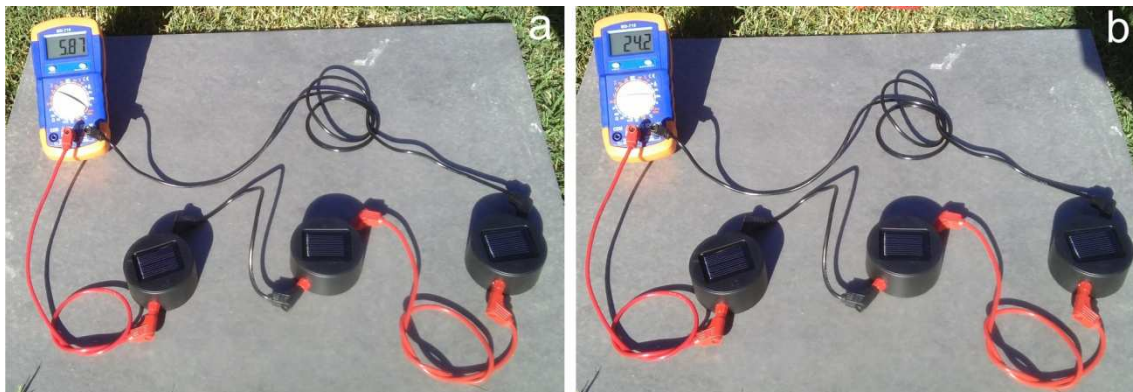
Figura 16 – Dois módulos fotovoltaicos conectados em série com o multímetro. (a) leitura de tensão e (b) corrente



Fonte: Elaborada pelos autores.

Finalmente, associe em série o terceiro módulo (Figuras 17a e 17b).

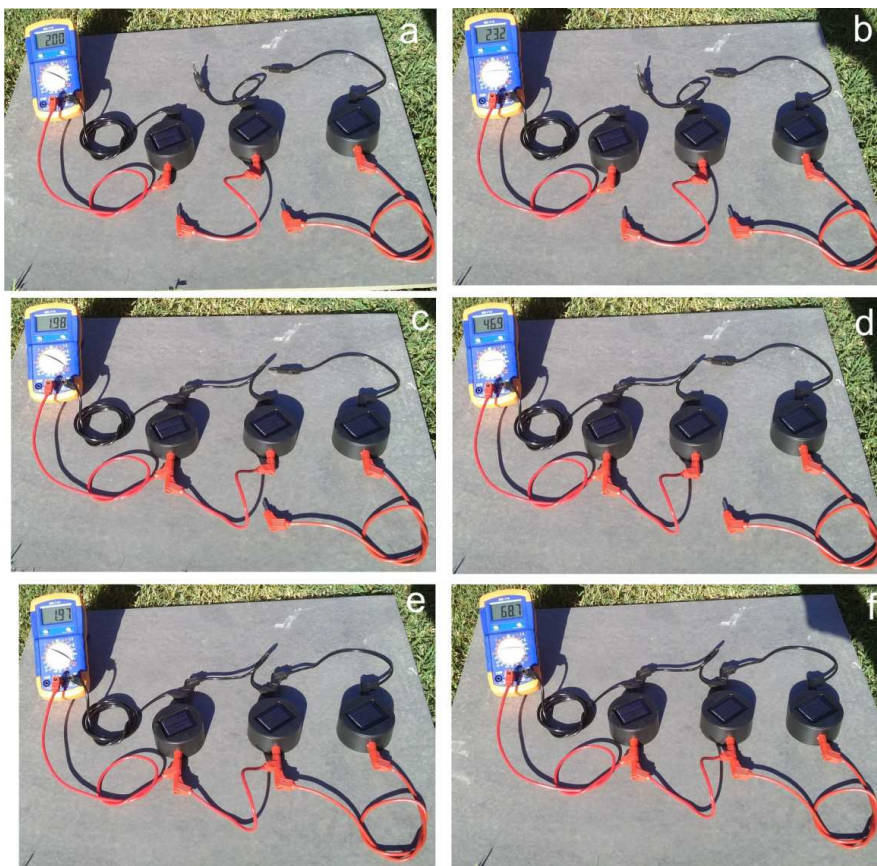
Figura 17 – Dois módulos fotovoltaicos conectados em série com o multímetro. (a) leitura de tensão e (b) corrente



Fonte: Elaborada pelos autores.

Por último desconecte todos os módulos. Realize as novas leituras conectando um módulo por vez, em uma associação em paralelo, conforme observado nas imagens da Figura 18.

Figura 18 – Módulos fotovoltaicos conectados em paralelo com o multímetro. (a) e (b) um módulo conectado para leitura de tensão e corrente. (c) e (d) dois módulos e (e) e (f) três módulos



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.3 Perguntas

- 1) Os valores obtidos são os esperados para uma associação em série de módulos (geradores)? Disserte sobre.
- 2) Os valores obtidos são os esperados para uma associação em paralelo de módulos (geradores)? Disserte sobre.
- 3) O que você faria para gerar 80 V com este sistema de painéis fotovoltaicos?
- 4) Qual deveria ser a associação para se obter uma corrente de 1A?
- 5) Seria adequado ligar os módulos fotovoltaicos para um chuveiro elétrico comum?

6. Respostas

- 1) Sim, pois os valores de corrente são, praticamente, os mesmos (erro dentro do aceitável) e as tensões são o somatório. O que acorda com as relações (1) e (2).
- 2) Sim, pois os valores de corrente são o somatório. E as tensões possuem praticamente o mesmo valor (erro dentro do aceitável). O que acorda com as relações (3) e (4).
- 3) Seria necessário associar os módulos em série, uma vez que as tensões somam-se neste tipo de associação. No caso das imagens acima, seriam, aproximadamente, 41 módulos.
- 4) A associação em paralelo, uma vez que as correntes se somam neste tipo de associação.
- 5) Estes módulos não são adequados para uso quando há demanda de altas potências.

Referências

BARBOSA, J.P.; BORGES, A.T. O entendimento dos estudantes sobre energia no início do ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, n. 23, p. 182-217, 2006. eISSN 2175-7941.

CARNEIRO, J. Electromagnetismo b módulos fotovoltaicos características e associações. 2010. 18p. Dissertação (Mestrado em Física) – Escola de Ciências. Departamento de Física. Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2010.

CASTRO, R.M.G. *Introdução à energia fotovoltaica*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2002.

COSTA, V.K.D.; PETRY, C.A. Kit Didático Fotovoltaico para Ensino Médio. In: Seminário de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFSC, 2013. Resumos expandidos, Florianópolis, IFSC, 2013. p. 1-5.

DAMASIO, F.; STEFFANI, M. H. Ensinando física com consciência ecológica e com materiais descartáveis. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, n. 29, p. 593-597, 2007. doi: 10.1590/S1806-11172007000400018.

EBERHARDT, D. Desenvolvimento de um Sistema Completo para Caracterização de Células Solares. 2005. 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MOURA, D. A. *A abordagem da temática energética no ensino médio*. 2009. 162p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do ABC, 2009.

SILVA, L.F.; CARVALHO, L.M. A Temática ambiental e o Ensino de Física na Escola Média: algumas possibilidades de desenvolver o tema produção de energia elétrica em larga escala em uma situação de ensino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, n. 24, p. 342-351, 2002. doi: 10.1590/S0102-47442002000300012.

TORCATE, A.S. et al. 2014. Utilização De Kits De Ensino Sobre Energia Solar Fotovoltaica Como Proposta Didática Para Aulas De Física Do Ensino Médio. In: *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 1248.

VALLÊRA, A.M.; BRITO, M.C. Meio Século de História Fotovoltaica. *Gazeta de Física*, v. 29, n.1, p. 10-15, 2006.

Medindo a escola e a rua para o aprendizado de cinemática básica

Marcus Vinicius Veiga Serafim

1. Objetivos: levar os alunos a relacionarem os conceitos iniciais da cinemática com a sua vida diária e construir conceitos de velocidade, cálculo do tempo e da posição de um corpo, usados os sistemas de unidades.

2. Conteúdo: Física

3. Público-alvo: Alunos do 9º ano do Ensino Fundamental

4. Referencial teórico

Segundo Piaget, o conhecimento não é um estado cristalizado, pronto e definitivo. A construção do conhecimento consistiria em um processo se estruturando. Este processo de aquisição de conhecimento seria caracterizado, independentemente do estágio de desenvolvimento em que o indivíduo se encontra, pela relação sujeito-objeto. Uma relação dialética envolvendo os processos de assimilação, acomodação e equilíbrio. (ABREU et al., 2010).

Pode-se observar a ocorrência de três tipos de assimilação, conforme o trabalho é desenvolvido. (ABREU et al., 2010):

a) Assimilação generalizadora: assimila objetos em função de uma totalidade ainda mais generalizante. Como o caso de assimilar os conceitos de grandezas físicas e sua aplicação no dia a dia. Um exemplo disso é o raciocínio feito a respeito de velocidade, em que o aluno sabe que chega mais cedo, se for mais rápido mas não percebe o cálculo feito

b) Assimilação reconhecadora: busca objetos seletivamente a partir de uma ou mais características dos objetos experienciados. É como relacionar unidades diferentes para a mesma medida, como medir tempo em horas ou segundos ou medir distância em metros ou centímetros

c) Assimilação recíproca: quando dois ou mais esquemas se fundem e criam uma hierarquia maior. Quando o aluno consegue relacionar as noções de deslocamento, trajetória, velocidade e tempo e forma o conceito de movimento.

Schnetzler diz que o aluno não é uma tábula rasa, trazendo algumas noções, as quais podem ajudar ou atrapalhar a construção da aprendizagem. O desafio é orientá-lo na construção do conhecimento cientificamente aceito. (SCHNETZLER, 1994). O fato de o aluno trazer conhecimentos prévios para a sala de aula reforça a ideia de que o conhecimento pode ser construído ao longo da vida. (CHAKUR, 2005), como observado por Serafim (2015), a partir de pré-testes que apresentaram altos índices de respostas corretas em testes de avaliação sobre conhecimento prévio. Este último autor aplicou questões que envolviam a definição da velocidade, como uma razão entre distância percorrida e tempo gasto em determinado trajeto, obtendo um bom índice de acerto, observando-se o mesmo em questões que envolviam comparações entre unidades diferentes como metro e centímetro.

O erro faz parte do processo de aprendizagem no dia a dia do estudante e é inevitável, não havendo porquê uma complacência ou rigor excessivos. Formalmente, o erro deve ser identificado e corrigido para não se fixar. Na perspectiva da criança, o erro é visto como uma parte do processo de ação e ela mesma pode ser levada a corrigir. (MACEDO, 1994).

Um outra etapa de trabalho, ou seja, a etapa de calcular a velocidade e outras grandezas, propõe-se realizar um debate com os alunos, tentando confirmar ou refutar hipóteses erradas durante o desenvolvimento do trabalho. A intervenção do professor deve ser mínima neste sentido, consistindo só em confirmar a opção correta feita pelos estudantes, no final de cada momento de debate.

Estudar também deve ser uma fonte de alegria. Não a alegria no sentido de aprender só o quê se quer, pois isto tornaria o professor refém do aluno, mas querer, gostar do que se aprende. Esta alegria dos alunos em aprender deve ser levada em conta na proposta deste trabalho. Isto pode ser conseguido com a continuidade. O conteúdo da sala de aula, quando aplicado à realidade do aluno, ajuda-o a perceber a relação entre sala de aula e conhecimento. Isto é contextualização ou continuidade. Isto requer um esforço de ambos, pois o professor deve tentar reviver as experiências do aluno (enquanto este precisa fazer experiências com o que lhe é ensinado) e verificar quanto do que pensa pode ser mudado ou explicado pelo conteúdo. (SNYDERS, 1993).

Bons indicadores observados desta alegria em aprender é o envolvimento demonstrado pelos alunos em todas as etapas do trabalho, seja para testar suas ideias construindo jogos (SERAFIM, 2015) como para realizar cálculos.

5. Atividade

Para a realização da atividade, propõe-se fazer um pré-teste envolvendo questões sobre cálculos de posição, velocidade de um corpo e tempo gasto em um trajeto, além de cálculos comparando velocidades em unidades diferentes.

Inicia-se a atividade com a proposição de um problema: “Qual a medida do pátio da escola?” Para tanto, sugere-se dividir-se a turma em cinco grupos e cada conjunto deverá receber uma unidade de medida para utilizar na resposta (pé, passo, régua, braço e trena). Sugere-se o uso de sorteio, na distribuição das unidades aos grupos, pois cada conjunto deve trabalhar com somente uma das unidades. O “passo” é definido como a distância entre o fim do calcanhar do pé de apoio e a ponta do pé na frente, após uma passada. Para “braço”, utilizou-se a distância entre a ponta de um dedo médio até a ponta do outro dedo médio com os dois braços esticados, no sentido da envergadura horizontal. Para “trena” foi solicitado aos alunos que utilizassem uma trena normal, de costureira.

Conduza os alunos para o pátio da escola e estimem as medidas da área calçada no pátio da escola. Após isto, volte para a sala de aula e proponha a construção de fitas métricas utilizando as unidades recebidas.

Estas fitas métricas devem ser utilizadas em uma nova sessão de medidas para aferição e corrigidas, caso não tenham medidas exatas.

Com as informações corretas sobre as distâncias, no pátio da escola, preencha a tabela com os dados da Tabela I.

Tabela 1 – Dados de medida do pátio da escola

Unidade	Distância
Pé	
Passo	
Régua	
Braço	
Trena	

Após, conduza os alunos ao pátio para que eles realizem gravações em vídeo de um colega do grupo. As tomadas devem ser feitas com três velocidades distintas: caminhando, corrida lenta ou trote e corrida rápida. Para as gravações em vídeo, utilize

telefone celular com câmera. A cada tomada, salve o vídeo e faça nova gravação, para haver três arquivos distintos, um para cada velocidade.

Em sala de aula, os alunos devem preencher uma nova tabela (Tabela 2):

Tabela 2 – Resultados dos cálculos

Unidade	Distância	Tempo			Velocidade		
		Caminhando	Trotando	Correndo	Caminhando	Trotando	Correndo
Pé							
Passo							
Régua							
Braço							
Trena							

5.1 Calculando a velocidade

Sugere-se trabalhar primeiramente a grandeza física *velocidade*, fornecendo aos alunos a única informação de que velocidade varia em função do tempo. Questione os alunos em como calcular esta grandeza e anote as ideias. Faça uma votação para os alunos decidirem qual a resposta correta. Na sequência, os alunos em dupla devem convencer o colega de qual é a proposição correta. Passados alguns momentos de debate, faça nova votação. A tendência é que os alunos corrijam suas opções e votem na resposta realmente correta. Fechando esta etapa, passe para os alunos algumas questões envolvendo o cálculo de velocidade:

1) Gabriel caminha de mãos dadas com Pafúncia. Quando eles encontram Zé Tião, namorado de Pafúncia, ele sai correndo e percorre 6 km em 30min. Qual sua velocidade?

2) Laura está atrasada para a estreia de “A culpa é dos cometas”. Ela precisa percorrer 800m em 8 minutos para chegar a tempo. Qual deve ser sua velocidade?

5.2 Calculando o tempo

A próxima atividade visa trabalhar o cálculo do tempo gasto em um trajeto, utilizando-se os mesmos questionamentos feitos para a grandeza *velocidade*. Pergunte aos alunos sobre como calcular o tempo gasto, já que o tempo varia em função da

velocidade. Leve os alunos à formulação de hipóteses, votação na hipótese considerada a mais correta e divisão em pares, para testarem seus votos. Faça nova votação e verifique se a maioria refez a escolha, optando pelo correto. Durante esta etapa, utilize os dados de distância medidos e a velocidade por eles calculada. O objetivo é averiguar o tempo gasto nos trajetos filmados. Após os cálculos, compare os resultados com aqueles presentes na tabela previamente preenchida. Considere pequenas diferenças entre o tempo real medido por meio da filmagem e o tempo calculado pelos alunos. O fechamento do encontro pode ser feito com algumas questões sobre o cálculo do tempo gasto em um trajeto:

1) Alexandra está fugindo de uma matilha de chiuauas mutantes. Ela corre com uma velocidade de 10m/s e percorre uma distância de 200m . Quanto tempo ela gasta na fuga?

2) André estava levando flores para Jéssica quando encontrou o pai da amada. Ele muda de direção rapidamente com uma velocidade de 300m/min e percorreu a distância de 900m . Determine o tempo gasto no trajeto.

5.3 Calculando a posição

A última grandeza a ser estudada é a posição. A estratégia seguida foi a mesma: questionamento sobre qual a forma de calcular a posição de um corpo, a partir das informações de velocidade e tempo, votação, propostas de hipóteses e nova votação. Uma vez que se utiliza a velocidade aproximada, devido ao grande número de casas decimais, o resultado obtido será próximo do real. Como nas atividades anteriores, propõem-se questões envolvendo o cálculo da posição de um corpo:

1) Gabriela está brincando de pular amarelinha. Essa amarelinha possui 2m de extensão. Ela pula com uma velocidade de 1m/s durante 300s . Quantas amarelinhas ela completa?

2) Ronaldo atira uma pedra em direção ao centro de um lago. A pedra é lançada com uma velocidade de 3m/s e gasta 5s até o centro do lago. Determine a distância percorrida pela pedra.

5.4 Finalização da atividade

Outros espaços da escola podem ser utilizados repetido-se as atividades acima, tais como corredores da escola e até mesmo o espaço exterior à escola. Pode-se medir a

rua com trena e tomar o tempo que cinco carros gastam para transitar no espaço entre as esquinas da quadra onde a escola está localizada. Com estas informações, pode-se calcular a velocidade de cada carro. Neste contexto, ainda pode-se retomar relações de medidas entre metro e centímetro e metro e quilômetro, bem como as relações entre minutos, horas e segundos, através de questões envolvendo conversões de unidades.

No final dos trabalhos, faça um questionário pós-teste. Uma possível diferença positiva entre os índices de acerto, antes e depois das atividades, poderá ser um indicativo de aprendizagem.

6. Respostas e considerações finais

6.1 Exemplos sobre o preenchimento das Tabelas 1 e 2

As atividades aqui propostas foram testadas em sala de aula e obteve-se diferenças significativas entre os pré-testes e pós-testes, demonstrando que a aplicação das atividades como uma indicadora de aprendizagem.

Cada professor terá seus resultados, no entanto, segue abaixo os dados obtidos pela atividade aplicada pelo professor como exemplo.

Exemplo 1

Tabela 1 – Dados de medida do pátio da escola

Unidade	Distância
Pé	39
Passo	13
Régua	86
Braço	71
Trena	6

Exemplo 2

Tabela 2 – Resultados dos cálculos

Unidade	Distância	Tempo			Velocidade		
		Caminhando	Trotando	Correndo	Caminhando	Trotando	Correndo
Pé	39	33s	18s	11s	1,18 pé/s	21 pé/s	35 pé/s
Passo	13	31s	17s	13s	0,4 passo/s	0,7 passo/s	1 passo/s
Régua	86	30s	18s	10s	2,8 régua/s	4,7 régua/s	8,6 régua/s
Braço	71	29s	19s	13s	2,4 braço/s	3,7 braço/s	5,4 braço/s
Trena	6	29s	16s	8s	0,2 trena/s	0,3 trena/s	0,7 trena/s

6.2 Resposta da atividade 5.1 “Calculando a velocidade”

1) $v=S/t$
 $v=6\text{km}/30\text{min}$
 $v=0,2\text{ km}/\text{min}$

2) $v=S/t$
 $v=800\text{m}/8\text{min}$
 $v=100\text{m}/\text{min}$

6.3 Resposta da atividade 5. 2 “Calculando o tempo”

1) $t=S/v$
 $t=200\text{m}/10\text{m}/\text{s}$
 $t=20\text{s}$

2) $t=S/v$
 $t=900\text{m}/300\text{m}/\text{min}$
 $t=3\text{min}$

6.4 Resposta da atividade 5.3 “Calculando a posição”

1) $S=v.t$
 $S=1\text{m}/\text{s}.300\text{s}$
 $S=300\text{m}$

Como a amarelinha mede 2m, divide-se a distância percorrida pela extensão da própria amarelinha:

$$300\text{m}/2\text{m}=150$$

Gabriela completou 150 amarelinhas

2) $S=v.t$
 $S=3\text{m}/\text{s}.5\text{s}$
 $S=15\text{m}$

Referências

ABREU L.C. et al. A epistemologia genética de Piaget e o construtivismo. *Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 361-366, 2010.

CHAKUR, C.R.S.L., Contribuições da pesquisa psicogenética para a educação escolar, *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Brasília: UnB, v. 21, n. 3, p. 289-296, 2005.

MACEDO, L. *Ensaio construtivistas* 5. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.

SCHNETZLER, R.P. Do ensino como transmissão para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de química In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 16., 1993, Caxambu. *Anais...* Caxambu: UFMG, 1993. p. 55-89.

SCHENTZLER, R. P. Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores em química. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 16, 1993, Caxambu. *Cadernos ANPED Belo Horizonte*, ANPED, 1994. p. 55-89.

SERAFIM, M.V.V. *A produção de jogos didáticos como ferramenta para promover a aprendizagem de tópicos sobre orientação sexual*. 2015. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015.

SNYDERS, G. *Alunos felizes: reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários* São Paulo: Paz e Terra, 1993.

Currículos dos autores

ORGANIZADORA

Cláudia Pinto Machado

Professora adjunta na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Graduada em Ciências Biológicas. Mestra em Biologia Animal e Doutora em Ciências, ênfase em Paleontologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Tem atuado como coordenadora e colaboradora em projetos de extensão que envolvam a formação científica e acadêmica, bem como na educação e popularização da ciência. Atua na área de Paleontologia, Zoologia e Ensino.

AUTORES

Ana Karina Scomazzon

Professora adjunta na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Graduada em Geologia. Mestra e Doutora em Geociências pela UFRGS. Pós-doutora em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atua em projetos de pesquisa e orientações de doutorado no PPGGeo/UFRGS. *E-mail*: akscomazzon@yahoo.com.br

André Jasper

Professor titular em níveis de Graduação e Pós-Graduação da Univates. Graduado em Ciências Biológicas. Mestre em Geociências. Doutor em Ciências. Pós-Doutorado na *Eberhard Karls Universität Tübingen* – Alemanha. Atualmente coordena o Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da Univates. *E-mail*: ajasper@univates.br

Alexandre Mesquita

Professor adjunto na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Membro do corpo docente dos Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática e de Engenharia de Produção (UCS). Bacharel em Física. Mestre e Doutor em Ciências, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua nas áreas de Ensino de Ciências, Pesquisa Operacional, Engenharias Elétrica e Eletrônica, e Tecnologia Assistiva. *E-mail*: AMesquit@ucs.br.

Carla Penna Ozorio

Professora Associada IV, no Departamento Interdisciplinar do Campus Litoral Norte da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e diretora do Centro de Estudos Costeiros e Limnológicos IB/UFRGS. Graduada em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestra em Ecologia (UFRGS). Doutora em Oceanografia Biológica pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Atua na área de Ecologia de Comunidades e Populações, com ênfase no Ambiente Bentônico, principalmente nos seguintes temas: estrutura da macrofauna e meiofauna e das populações de invertebrados nos ecossistemas marinhos, estuarinos e de água doce. *E-mail*: ozorio@ufrgs.br.

Dario Eberhardt

Professor na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Engenharia de Materiais (PUCRS). Doutor em Microeletrônica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Geração da Energia Elétrica, principalmente nos seguintes temas: fontes renováveis de energia, energia

solar, módulos fotovoltaicos, células solares, catalisadores em substrato em pó e produção de nanopartículas. *E-mail:* dario.eberhardt@gmail.com

Erik Muxagata

Professor associado na Universidade Federal de Rio Grande (FURG). Membro do corpo docente no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica. Graduado em Oceanografia (FURG). Mestre em Oceanografia Biológica (FURG). Doutor em Oceanografia Biológica, pela Universidade de *Southampton* no Reino Unido. Trabalhou como coordenador científico de embarques (*Party Chief*) pela *Geochemical Solutions International* Brasil, no âmbito de expedições científicas em navios de pesquisa da companhia.

E-mail: e.muxagata@gmail.com

Gabriel Zottis Filomena

Graduado em Física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PUCRS). Possui experiência em capacitação de técnicos e professores, na utilização de equipamentos de laboratórios didáticos.

E-mail: gabsgo@hotmail.com

Gerson Luiz Cavalli

Técnico no Museu de Ciências Naturais – *Aquarium*, da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Graduação em Engenharia Ambiental e Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade de Caxias do Sul, RS. *E-mail:* glcavall@ucs.br.

Gladis Franck da Cunha

Professora adjunta na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Membro do corpo docente estruturante no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional (UCS). Bacharela em Ciências Biológicas, com Ênfase em Genética. Mestra em Genética e Biologia Molecular. Doutora em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua na área de Educação, com ênfase nos seguintes temas: aprendizagem ativa, ensino de Ciências e Biologia, biologia do conhecimento e neuroeducação. *E-mail:* gfcunha2@ucs.br

Janete Maria Scopel

Técnica no Museu de Ciências Naturais – *Aquarium*, da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Graduada em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas. Mestra em Ensino de Ciências e Matemática (UCS). *E-mail:* janetemscopel@gmail.com.

Joseline Manfroi

Doutoranda em Ciências Ambientais. Mestra em Geociências – Geologia. Graduada em Ciências Biológicas. Possui experiência como docente em diferentes níveis da Educação Básica e atua em projetos de Educação Ambiental em espaços formais e não formais de ensino. *E-mail:* joselinemanfroi@universo.univates.br

Juliane Bernardes Marcolino

Doutora em Engenharia e Tecnologia de Materiais, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestra em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PUCRS). Graduada em Licenciatura Plena em Física. *E-mail:* jujumarcolino@hotmail.com

Karen Adami Rodrigues

Professora associada na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), nos cursos de Engenharia de Petróleo e Engenharia Geológica. Mestre e Doutora em Ciências da Terra, Geociências, com ênfase em Paleontologia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-Doutora pela Universidade Nacional do Nordeste da Argentina (UNNE). Atua na área da Paleontologia, nos estudos taxonômicos e evolutivos em: interações inseto-planta, entomofauna e carcinofauna, nos registros do Paleozoico e Mesozoico da América do Sul. *E-mail:* karen.adami@gmail.com

Lisiane de Souza

Professora de Ciências no Ensino Fundamental, pela Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves. Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura) pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci e em Ciências (Licenciatura) pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Especialista em Metodologia do Ensino da Matemática pela Universidade da Região de Joinville (Univille). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). *E-mail:* desouza.lisiane@gmail.com.

Luciana Dai Pra Penteadó

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Tem experiência na área de Meio Ambiente, com ênfase em Licenciamento Ambiental. Presta assessoria a Equipe Multidisciplinar da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, da Prefeitura de Barão, RS. Também possui experiência na área docente, por ter atuado com Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, em escolas municipais e estadual. *E-mail:* ldppenteadó@ucs.br

Luciane da Rocha

Professora e pesquisadora na Universidade do Vale do Itajaí (Univali, SC), no Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMar) e Colégio de Aplicação (CAU). Graduada em Ciências – Habilitação Biologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos, RS). Especialista em Educação Ambiental, pela Unilassale (RS). Mestre em Biologia Animal. Doutora em Fitotecnia/Entomologia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). *E-mail:* luciane.rocha@univali.br

Manuel Alfredo Medeiros

Professor associado na Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Graduado em Ciências Biológicas. Mestre em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutor em Paleontologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-Doutorado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Atua na área de Paleontologia, com ênfase na fauna de vertebrados do Cretáceo maranhense. *E-mail:* manuel.alfredo@ufma.br

Marcus Vinicius Veiga Serafim

Professor de Ciências e Biologia, no Ensino Fundamental, pela Prefeitura Municipal e rede de Ensino Público Estadual em Caxias do Sul. Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Tem experiência como orientador em Feiras de Ciências, no Programa de Ingresso ao Ensino Superior (Peies), promovidas pela UFSM. Atua na divulgação e popularização das Ciências, através de apresentações de trabalhos e cursos de curta-duração. *E-mail:* profmestremarcus@gmail.com

Marina Bento Soares

Professora associada Nível 2, no Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Orientadora no Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGeo/UFRGS). Graduada em Ciências Biológicas (UFRGS). Mestre em Geociências. Doutora em Ciências (UFRGS) Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em paleontologia de vertebrados, dedicando-se, principalmente, ao estudo dos cinodontes não mamaliaformes (Therapsida, Cynodontia). Também atua na área de Educação em Paleontologia, tendo organizado o livro *A paleontologia na sala de aula* (www.paleontologianasaladeaula.com). É coordenadora substituta do PPPGeo/UFRGS e ocupa o cargo de diretora do Museu de Paleontologia Irajá Damiani Pinto. Bolsista Pq2, CNPq. *E-mail*: marina.soares@ufrgs.br.

Matias do Nascimento Ritter

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGGeo/UFRGS), com período-sanduíche no *Florida Museum of Natural History, University of Florida, USA*. Graduado em Ciências Biológicas, com ênfase em Biologia Marinha e Costeira, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Geociências (Paleontologia), pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPPGeo/UFRGS). Atua na área de Paleontologia, com principal campo de pesquisa na paleoecologia quantitativa, com ênfase em invertebrados marinhos. *E-mail*: mnritter@gmail.com

Matheus Poletto

Professor no curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Graduado em Engenharia Química. Mestre em Engenharia e Ciência dos Materiais, pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Doutor em Engenharia de Materiais, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua nas áreas de reciclagem, modificação superficial de fibras naturais, polímeros e compósitos. *E-mail*: mpolett1@ucs.br

Odilon Giovannini

Professor adjunto na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Membro do corpo docente no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Bacharel em Física. Mestre em Física. Doutor em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua na área de Ensino de Ciências, Física e Astronomia. Desenvolve atividades em ambientes formais e não formais dedicadas ao ensino, em ações de divulgação e popularização da ciência e coordena o planetário móvel da UCS. *E-mail*: ogiovannini@gmail.com

Raquel Cristina Balestrin

Professora na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Coordenadora do curso de Ciências Biológicas e coordenadora da Especialização em Perícia Criminal – 3ª Edição (UCS). Graduada em Ciências Biológicas. Mestre em Genética e Biologia Molecular, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). *E-mail*: rcbalest@ucs.br

Robson Crepes Côrrea

Professor de Biologia no Projeto de Extensão Desafio Pré-Vestibular, na Universidade Federal de Pelotas (UFPeL). Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal (PPGBA/UFPeL). Graduado em Ciências Biológicas (UFPeL). Atuou durante a graduação como bolsista no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) – Capes e como colaborador no Núcleo de Estudos em Paleontologia e Estratigrafia (Nepale – UFPeL). *E-mail*: robsoncorrea@gmail.com

Rosane Pereira da Silva

Professora de Biologia e Ciências, na rede privada e estadual. Graduada em Ciências Biológicas (Univates) e em Pedagogia (Modalidade a Distância) pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Mestra em Ensino (Univates). Atua na área de Educação e Paleontologia. *E-mail:* rpereira@universo.univates.br

Thaís Zeferino Laux

Graduanda em Ciências Biológicas – Licenciatura, com experiência como bolsista de iniciação científica, no Setor de Botânica e Paleobotânica do Museu de Ciências Naturais da Univates e como bolsista de iniciação científica, no Programa Institucional de Iniciação a Docência (PIBID). *E-mail:* thais.laux@universo.univates.br

Vanessa Ochi Agostini

Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), com sanduíche no Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e no *Istituto di Scienze Marine* (ISMAR-Gênova-Itália). Bacharela em Ciências Biológicas, com ênfase em Biologia Marinha e Costeira (UFRGS), em parceria com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). Mestra em Oceanografia Biológica (FURG). Atua na área de oceanografia biológica, nas linhas de planctologia e bentologia marinha e estuarina, com ênfase no papel do acoplamento pelagial-bentônico no processo de bioincrustação. *E-mail:* voagostini@gmail.com.

Vania Elisabete Schneider

Professora titular na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Diretora do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Bacharela e licenciada em Biologia (UCS). Especialista em Metodologia da Pesquisa e do Ensino Superior (UCS). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS). Especialista em Gestão de Resíduos Perigosos pela *Carl Duisberg Gesellschaft* (Alemanha). Atua nos Programas de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais e no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UCS. *E-mail:* veschnei@ucs.br.

Valquíria Villas-Boas

Professora na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Atua no Programa de Pós-Graduação em Ensino em Ciências e Matemática (UCS). É membro do comitê diretor do grupo *Active Learning in Engineering Education* (ALE), do comitê consultivo do *Aalborg Centre for PBL in Engineering Science and Sustainability*, do conselho diretivo da rede *Research in Engineering Education Network* (REEN) e da diretoria da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE). Bacharela em Física pela Universidade de São Paulo (USP). Mestra em Física da Matéria Condensada (USP). Doutora em Ciências (USP). *E-mail:* vvillasboas@gmail.com.

Wilson Sampaio de Azevedo Filho

Professor/pesquisador na Universidade de Caxias do Sul (UCS). Coordenador do Núcleo de Pesquisa – NP Insetos. Coordenador do *Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência* (PIBID) – Biologia/Caxias do Sul. Graduated em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Biociências – Zoologia (PUCRS). Doutor em Fitotecnia – Entomologia, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-doutor na Embrapa Uva e Vinho. *E-mail:* wsafilho@ucs.br.

