

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

CIÊNCIAS

VOLUME 18

ENSINO FUNDAMENTAL

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

- Vol. 1 – Matemática
- Vol. 2 – Matemática
- Vol. 3 – Matemática
- Vol. 4 – Química
- Vol. 5 – Química
- Vol. 6 – Biologia
- Vol. 7 – Física
- Vol. 8 – Geografia
- Vol. 9 – Antártica
- Vol. 10 – O Brasil e o Meio Ambiente Antártico
- Vol. 11 – Astronomia
- Vol. 12 – Astronáutica
- Vol. 13 – Mudanças Climáticas
- Vol. 14 – Filosofia
- Vol. 15 – Sociologia
- Vol. 16 – Espanhol
- Vol. 17 – Matemática

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Centro de Informação e Biblioteca em Educação (CIBEC)

Ciências : ensino fundamental / Coordenação Antônio Carlos Pavão .-
Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2010.
212 p. : il. (Coleção Explorando o Ensino ; v. 18)

ISBN 978-85-7783-042-8

1.Ciências. 2. Ensino Fundamental. I. Pavão, Antônio Carlos (Coord.) II. Brasil.
Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. III. Série.

CDU 373.3:5

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA

CIÊNCIAS

Ensino Fundamental

Brasília
2010

Secretaria de Educação Básica

Diretoria de Políticas de Formação, Materiais Didáticos e de Tecnologias para Educação Básica

Coordenação-Geral de Materiais Didáticos

Equipe Técnico-pedagógica

Andréa Kluge Pereira
Cecília Correia Lima
Elizangela Carvalho dos Santos
Jane Cristina da Silva
José Ricardo Albernás Lima
Lucineide Bezerra Dantas
Lunalva da Conceição Gomes
Maria Marismene Gonzaga

Equipe de Apoio Administrativo

Gabriela Brito de Araújo
Gislenilson Silva de Matos
Neiliane Caixeta Guimarães
Paulo Roberto Gonçalves da Cunha

Coordenação da obra

Antonio Carlos Pavão

Autores

Adilson J. A. de Oliveira
Ana Maria de Oliveira Cunha

Andre Ferrer P. Martins
Antonio Carlos Pavão
Denise de Freitas
Elenita Pinheiro de Queiroz Silva
Fernando J. da Paixão
Francis Albert Dupuis
Francisco Gorgonio da Nóbrega
João Batista Garcia Canalle
Maria Inês Petrucci Rosa
Maria Luiza Gastal
Marsílvio Gonçalves Pereira
Maurivan Güntzel Ramos
Mônica Meyer
Nelma Regina Segnini Bossolan
Nelson Rui Ribas Bejarano
Roque Moraes
Virgínia Torres Schall

Leitores Críticos

Lúcio Hora Acioli
Maria Edite Ferreira da Costa Lima

Ilustrador

Thiago de Melo Macedo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO – UNIFESP

Instituição responsável pelo processo de elaboração dos volumes

- 1) As opiniões, indicações e referências são de responsabilidade dos autores cujos textos foram publicados neste volume.
- 2) Em todas as citações foi mantida a ortografia das edições consultadas.

Tiragem 156.772 exemplares
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA
Esplanada dos Ministérios, Bloco L, Sala 500
CEP: 70047-900
Tel: (61) 2022 8419

Sumário

APRESENTAÇÃO	7
INTRODUÇÃO	9
ANTONIO CARLOS PAVÃO	
<i>Capítulo 1</i>	
Palavras, textos & contextos.....	11
ANDRE FERRER P. MARTINS	
<i>Capítulo 2</i>	
Pelas ondas do saber	25
MARSÍLVIO GONÇALVES PEREIRA	
<i>Capítulo 3</i>	
O ensino de química nos anos iniciais	43
ROQUE MORAES E MAURIVAN GÜNTZEL RAMOS	
<i>Capítulo 4</i>	
O corpo da ciências, do ensino, do livro e do aluno.....	61
ANA MARIA DE OLIVEIRA CUNHA	
DENISE DE FREITAS	
ELENITA PINHEIRO DE QUEIROZ SILVA	
<i>Capítulo 5</i>	
De corpo e alma: conversa ao pé do ouvido.....	77
MÔNICA MEYER	

Capítulo 6

Vênus, brincadeira de roda e o fim do geocentrismo89

FERNANDO J. DA PAIXÃO

Capítulo 7

Transformar a evolução.....101

MARIA LUIZA GASTAL

Capítulo 8

Invisíveis, hóspedes e bem-vindos: os microrganismos 115

FRANCISCO GORGONIO DA NÓBREGA

NELMA REGINA SEGNINI BOSSOLAN

Capítulo 9

Conhecendo o céu no seu cotidiano 129

ADILSON J. A. DE OLIVEIRA

Capítulo 10

Química nos anos iniciais para integração do conhecimento 145

MARIA INÊS PETRUCCI ROSA

NELSON RUI RIBAS BEJARANO

Capítulo 11

Ensinar ciências através da história..... 159

FRANCIS ALBERT RENÉ DUPUIS

ANTONIO CARLOS PAVÃO

Capítulo 12

Saúde & cidadania 179

VIRGÍNIA TORRES SCHALL

Capítulo 13

Entendendo e demonstrando astronomia 197

JOÃO BATISTA GARCIA CANALLE

Apresentação

A Coleção Explorando o Ensino tem por objetivo apoiar o trabalho do professor em sala de aula, oferecendo-lhe um material científico-pedagógico que contemple a fundamentação teórica e metodológica e proponha reflexões nas áreas de conhecimento das etapas de ensino da educação básica e, ainda, sugerir novas formas de abordar o conhecimento em sala de aula, contribuindo para a formação continuada e permanente do professor.

Planejada em 2004, no âmbito da Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação, a Coleção foi direcionada aos professores dos anos finais do ensino fundamental e ensino médio e encaminhada às escolas públicas municipais, estaduais, federais e do Distrito Federal e às Secretarias de Estado da Educação. Entre 2004 e 2006 foram encaminhados volumes de Matemática, Química, Biologia, Física e Geografia: O Mar no Espaço Geográfico Brasileiro. Em 2009, foram cinco volumes – Antártica, O Brasil e o Meio Ambiente Antártico, Astronomia, Astronáutica e Mudanças Climáticas.

Agora, essa Coleção tem novo direcionamento. Sua abrangência foi ampliada para toda a educação básica, privilegiando os professores dos anos iniciais do ensino fundamental com seis volumes – Língua Portuguesa, Literatura, Matemática, Ciências, Geografia e História – além da sequência ao atendimento a professores do Ensino Médio, com os volumes de Sociologia, Filosofia e Espanhol. Em cada volume, os autores tiveram a liberdade de apresentar a linha de pesquisa que vêm desenvolvendo, colocando seus comentários e opiniões.

A expectativa do Ministério da Educação é a de que a Coleção Explorando o Ensino seja um instrumento de apoio ao professor, contribuindo para seu processo de formação, de modo a auxiliar na reflexão coletiva do processo pedagógico da escola, na apreensão das relações entre o campo do conhecimento específico e a proposta pedagógica; no diálogo com os programas do livro Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE), com a legislação educacional, com os programas voltados para o currículo e formação de professores; e na apropriação de informações, conhecimentos e conceitos que possam ser compartilhados com os alunos.

Ministério da Educação

Introdução

*Antonio Carlos Pavão**

Este livro foi escrito por professores e pesquisadores que participaram do processo de avaliação dos livros didáticos de ciências do ensino fundamental de 1º a 5º anos inscritos no PNL D 2010. A seleção dos livros didáticos de ciências do PNL D dos últimos anos tem sido pautada por critérios que priorizam, além da correção conceitual, um ensino experimental e investigativo, buscando romper com a educação formal focada na informação e na memorização, comumente utilizadas em nossas escolas. Trata-se de uma concepção que visa familiarizar o estudante com a pesquisa, orientando-o para a investigação de fenômenos e temas que evidenciam a utilidade da ciência para o bem-estar social e para a formação de cidadãos. Como consequência desses critérios, já é possível observar uma mudança na qualidade dos livros didáticos apresentados aos editais do PNL D.

Além de análise das deficiências e limitações comuns nos livros didáticos nas áreas de biologia, física, química e astronomia, esta publicação propõe situações, tanto coletivas como individuais, para observações, questionamentos, formulação de hipóteses, experimentação, análise e registro, favorecendo um rico processo de troca entre professores e alunos. Sintonizado com as ações do MEC para oferecer materiais didáticos de qualidade, este Livro deverá contribuir para tornar a educação em ciências cada vez

* Professor de Química do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco e Diretor do Museu Interativo Espaço Ciência.

mais empolgante e dinâmica, explorando aquilo que já é natural nas crianças: o desejo de conhecer, de dialogar, de interagir em grupo e de experimentar. Este livro é bastante abrangente, analisando desde questões como as palavras e seus diferentes significados contextuais até assuntos mais específicos, como os de microorganismos e astronomia. Entretanto, todos eles incentivam o trabalho investigativo e experimental no ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. Ele não precisa ser lido de forma sequencial, sendo até recomendável que o leitor escolha inicialmente aqueles capítulos que mais lhe interessam. Depois, certamente, vai querer ler todos os outros. Aproveitem!

Capítulo 1

Palavras, Textos & Contextos

*André Ferrer P. Martins**

Professora: esse calor que a senhora tá falando aí...
é o *calor* mesmo, aquele que a gente sente?
(*aluna do 5º ano*)

Do que vamos falar?

Pense nas palavras *ambiente* e *espaço*. De que modo você utiliza essas palavras em seu cotidiano? Em que tipo de contextos elas aparecem? Que significados elas podem ter? Elas poderiam ser usadas como sinônimos? Pense, também, no uso dessas palavras por pessoas de diferentes profissões ou, até mesmo, de diferentes culturas. Que compreensões de *ambiente* são possíveis a partir dos olhares de um biólogo, um historiador ou um arquiteto? O que é *espaço* para um engenheiro, um taxista e um astronauta?

Neste capítulo, falaremos das palavras e de seus diferentes significados contextuais, e de como isso é extremamente relevante ao processo de ensino-aprendizagem das Ciências.

Iniciando a conversa...

Uma preocupação central dos professores que trabalham com as Ciências da Natureza deve ser, sem dúvida alguma, o uso correto

* Doutor em Educação. Professor do Departamento de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

e preciso da terminologia científica. Falamos, aqui, dos *conceitos* da ciência. Tais conceitos necessitam ser abordados – pelos professores em sala de aula e pelos livros didáticos – com correção. Isso pode envolver dois tipos de problemas: em primeiro lugar, é preciso, muitas vezes, que sejam feitas *aproximações* para que determinados conceitos possam ser trabalhados de acordo com o nível de escolaridade dos alunos, ou seja, eles não podem ser tratados (principalmente no Ensino Fundamental) no nível de profundidade característico do conhecimento científico formal. Em segundo lugar, é preciso estar atento aos diferentes significados que determinados conceitos possam ter em contextos diferentes, uma vez que muitos termos e expressões são utilizados na Ciência e também na linguagem do dia a dia, mas com conotações distintas. Neste breve capítulo, focalizaremos nossa atenção no segundo problema, mas teceremos algumas considerações sobre o primeiro.

Não é à toa, portanto, que a Ficha de Avaliação do PNLD 2010 de Ciências contenha os seguintes itens de análise, que devem ser observados nas coleções didáticas:

- Q1. São destacados termos que têm diferentes significados em diferentes contextos, tomando-se o cuidado de evitar confusões terminológicas?
- Q2. Existe preocupação com significados de senso comum na construção de conceitos científicos?
- Q3. É apresentada terminologia científica, fazendo uso, quando necessário, de aproximações adequadas, sem, no entanto, ferir o princípio da correção conceitual?

Chamamos a atenção de você, leitor, para a importância destas questões! Começamos pela discussão de Q1 e Q2, focos deste capítulo.

Trabalhar os conceitos científicos com correção implica, entre outros aspectos, estar atento a essas possíveis *confusões terminológicas* e a *significados de senso comum*. A linguagem científica *não é* a linguagem cotidiana, e a percepção de que se trata de contextos diferenciados é de fundamental importância no processo (dialógico) de ensinar e aprender Ciências.

Entendendo melhor o problema...

Nas diversas Ciências da Natureza, é comum encontrarmos termos e expressões que são compartilhados entre a linguagem científica e a linguagem que usamos no dia a dia. O processo de construção histórica do conhecimento científico evidencia que a Ciência apropriou-se de – e transformou – conceitos presentes na linguagem cotidiana. Por outro lado, a presença cada vez mais marcante da Ciência em nossa sociedade faz com que conceitos científicos permeiem a linguagem comum, em decorrência de textos jornalísticos, de divulgação e dos próprios livros didáticos.

A Ciência faz parte de nossa cultura. Não é um conhecimento à parte, isolado. Em função disso, termos como *energia*, *calor*, *força*, *massa*, *tempo*, *espaço*, *matéria*, *átomo*, *molécula*, *espécie*, *substância*, *evolução*, *corpo*, *movimento*, *ambiente*, *teoria*, *experiência*, entre outros, estão presentes não apenas nos diálogos travados em laboratórios, mas em diversas situações cotidianas envolvendo qualquer um de nós.

Vejamos, por exemplo, o termo *energia*. É um conceito que tem sido muito usado no dia a dia. Fala-se na *energia dos alimentos* e de como devemos estar atentos às necessidades energéticas de nosso organismo para as atividades diárias. Os rótulos dos mais variados produtos, nos supermercados, registram o *conteúdo energético* dos alimentos, em geral usando a unidade de *quilocalorias*. Milhares de pessoas em academias de ginástica preocupam-se diariamente em *queimar energia* ou *queimar calorias*. A discussão em torno da energia também se insere no terreno da economia e da política, em que as temáticas da *produção e consumo de energia* e das energias alternativas e não poluentes (ou *energias limpas*), apenas para citar dois exemplos, encontram-se quase sempre na ordem do dia.

Embora nada disso represente *incorreção* (estritamente falando), o uso desse conceito de modo generalizado e vago, no cotidiano, induz, na maioria das vezes, a aprendizagens equivocadas. Pode-se pensar que a energia é uma *substância*, algo *material* que está *contido* num alimento, por exemplo (trabalhos de pesquisa em educação mostram que muitas pessoas pensam dessa forma). Isto contraria o conceito científico associado a este termo, e deve ser evitado. A expressão *consumo de energia* também gera equívocos, pois sugere que a energia *consumida* desaparece, o que violaria um importante princípio da Física: o princípio de conservação da energia. Além

disso, na linguagem cotidiana é comum percebermos o uso do termo *força* como sinônimo de *energia*.

E o que dizer do conceito de calor? Hoje está calor? Ou está frio? Você já deve ter ouvido que um determinado alimento (batatas, por exemplo), ao ser cozido, “guarda muito calor”. Ou que um cobertor nos aquece nas noites de inverno em certas regiões do Brasil. A confusão está novamente feita! O calor passa a ser visto (do mesmo modo que a energia) como uma *substância*, algo que o corpo *contém* por estar quente, o que contraria o conhecimento científico aceito. O frio é, muitas vezes, visto de um modo similar. E o cobertor parece ter a propriedade de *fornecer calor* ao corpo (se assim fosse, poderíamos, quem sabe, deixar um cobertor sobre a cama algumas horas antes de deitar, para encontrarmos o leito à temperatura desejada!). Aliás, falando em *temperatura*, está aí outro conceito usado frequentemente (e equivocadamente) como sinônimo de *calor* na linguagem cotidiana.

Massa é outra palavra que tem diversas acepções no dia a dia: há a *massa de modelar*, a massa como sinônimo de *pasta* (ou macarrão), a massa que é colocada numa balança, e até gírias como *a festa foi massa!*. É muito conhecida, também, a confusão gerada pelo uso indiscriminado dos termos massa e peso na linguagem cotidiana. A massa acaba sendo utilizada como sinônimo de *matéria* e, muitas vezes, é compreendida – inadvertidamente – como *quantidade de matéria*.

Outros dois breves exemplos para fechar nosso rol: primeiro, a palavra *química*. Quem nunca escutou uma frase como essa: “Ah! Eu tomo suco natural porque o industrializado contém muita química!”. *Química* passou a ser sinônimo de *artificial* e, muitas vezes, de *tóxico*. Sem querer entrar na polêmica sobre o que é natural e o que é *artificial*, o importante é percebermos que, em qualquer tipo de suco, há a presença de substâncias químicas. Elas também estão presentes no corpo humano e no ar *puro* ou poluído...

Um último exemplo envolve o termo *evolução*. Em seu sentido comum e cotidiano, associamos esse conceito à noção de progresso: evoluir é progredir (uma pessoa pode, por exemplo, *evoluir numa empresa*, sendo promovido e galgando novos postos). Embora a própria ideia de progresso seja também, em muitos casos, controversa, a questão central aqui é que, no âmbito da Biologia, a *evolução biológica* não representa um *progresso das espécies* em direção ao *melhor*. Os seres mais adaptados, num determinado ambiente e num dado momento, o são àquele ambiente – que pode mudar. A evolução não se propõe a fazer juízos de *valor* ou *morais* no sentido de qualificar as espécies em *melhores* ou *piores*. Um equívoco muito

comum, inclusive, é pensar o ser humano como *o ápice da evolução* (ou *a espécie mais evoluída*), em função de sua capacidade de inteligência, desenvolvimento da linguagem etc.¹

Poderíamos continuar desafiando e analisando exemplos (e há outros tantos!), mas, a essa altura, nossa intenção já deve estar clara: evidenciar que, em geral, os conceitos da Ciência apresentam, na linguagem cotidiana, uma significação diversa daquela que se almeja que os alunos compreendam após as aulas de Ciências². Quando o professor, em sala de aula, fala a palavra *energia* (ou *calor*, *massa*, *evolução* etc.), o que está efetivamente sendo compreendido pelos alunos? Em que medida os diferentes significados contextuais conseguem ser percebidos por eles? Que *confusões terminológicas* estão sujeitas a ocorrer?



Figura 1: Nem sempre professores e alunos “falam a mesma língua”!

- ¹ Especificamente em relação aos equívocos com o conceito de evolução, ver o capítulo Transformar a evolução.
- ² Diversos conceitos e seus significados no contexto da ciência são abordados ao longo deste livro: movimento (Vênus, brincadeira de roda e o fim do geocentrismo), substância (O ensino de Química nos anos iniciais), corpo (De corpo e alma: conversa ao pé do ouvido e O corpo da ciência, do ensino, do livro e do aluno), micróbios (Invisíveis, hóspedes e bem-vindos), saúde (Saúde e cidadania), ambiente (Pelas ondas do saber), dia (O céu no seu cotidiano) e o já citado Transformar a evolução.

Esperamos – até aqui – que o leitor tenha compreendido a dimensão e a importância dessa discussão para o ensino-aprendizagem das Ciências Naturais em qualquer nível de ensino. Estamos falando da *ponta de um iceberg*, cuja exploração remeteria a problemas complexos da pesquisa em ensino de ciências, impossíveis de serem abordados apenas neste capítulo...

Um exercício pode ser interessante neste momento: tome qualquer um dos conceitos citados anteriormente e pesquise seu significado junto a diversas fontes (dicionários comuns, dicionários de filosofia, revistas e jornais, sítios de busca na internet). Você pode, ainda, investigar como pessoas de diversas idades, níveis de escolaridade e profissões compreendem esse conceito e que usos fazem dele no dia a dia.

Pausa para um pouco de teoria...

Nem sempre os conhecimentos cotidianos estão em desacordo com o conhecimento científico estabelecido. Um exemplo *clássico* é o caso do uso tradicional de ervas medicinais por determinados grupos sociais. Os princípios ativos envolvidos na cura de doenças são, em muitos casos (mas não em todos...!), também identificados e reconhecidos pela Medicina dita *científica*. Ainda que os *paradigmas*³ usados para analisar os fenômenos sejam diferentes, é possível que essas duas formas de conhecimento atuem, muitas vezes, de modo complementar e não contraditório.

Boa parte dos saberes cotidianos funciona em condições específicas e dão sustentação às ações diárias dos sujeitos em seu ambiente social. Daí, inclusive, a sua importância. Lopes (1999) procura diferenciar, no âmbito dos conhecimentos cotidianos, o que denomina de *saberes populares* (característicos da produção de significados das camadas populares da sociedade, e normalmente colocados à margem das instituições formais) e de *conhecimento de senso comum* (transclassista e detentor de certo grau de generalidade e universalidade). A autora considera que “o saber das classes populares com respeito às ervas medicinais, à construção de casas, à culinária, aos diferentes tipos

³ A palavra paradigma é usada aqui, simplificada, como sinônimo de visão de mundo.

de artesanatos” (LOPES, 1999, p. 151), entre outros aspectos, podem ser considerados exemplos de *saberes populares*. Já o conhecimento de senso comum apontaria para a uniformidade e universalidade, possuindo relação estreita com o que a literatura da área de Didática das Ciências chama de “concepções alternativas” ou “conhecimentos prévios”⁴. Um exemplo de conhecimento dessa natureza seria a visão do calor como substância e seu uso como sinônimo de temperatura. Tal concepção pode ser encontrada entre sujeitos de diversos níveis sociais e de diferentes regiões do país e do mundo.

O que é fundamental para nós é que tanto os saberes populares quanto o conhecimento de senso comum, compreendidos no contexto dos conhecimentos cotidianos, encontram-se, na maioria das vezes, em desacordo com o conhecimento científico aceito. E é na escola que esse embate preferencialmente acontece: de um lado, o conhecimento da prática social efetiva do dia a dia; de outro, o conhecimento científico sistematizado.

O aprendizado na escola é, em geral, marcado pela ideia de *ruptura*, uma vez que não é na *continuidade* do conhecimento cotidiano que surge o conhecimento científico. Isso não vale apenas para as ciências da natureza, embora seja algo bastante característico dessas disciplinas. Diversos autores, de modos diferentes, chamam a atenção para esse fato. George Snyders, por exemplo, faz uma distinção entre a *cultura primeira* e a *cultura elaborada*. Embora haja relações entre elas, há também diferenças significativas do ponto de vista histórico e epistemológico⁵. Representam formas de conhecimento com diferentes propósitos e graus de generalidade, universalidade, coerência e formalismo. Nas palavras do autor:

⁴ Na literatura especializada, diferentes expressões surgem com referência às concepções que os sujeitos apresentam antes da instrução: pré-concepções, concepções erradas, ideias ingênuas, concepções espontâneas, sistema de crenças, mini-teorias, concepções alternativas, entre outros (SANTOS, 1998, p. 94). As diferentes designações relacionam-se a diferentes visões sobre a origem das concepções e o seu papel no processo de ensino-aprendizagem. Não discutiremos essas questões neste trabalho.

⁵ Epistemologia pode ser entendida aqui, de modo simplificado, como teoria do conhecimento. As diferenças epistemológicas seriam, portanto, relativas às diferentes formas como esses conhecimentos se estruturam, se organizam, estabelecem seus critérios de validade etc.

Luto em duas frentes, de um lado diante daqueles que vêm apenas a descontinuidade entre cultura primeira e cultura elaborada, que negam qualquer prolongamento de uma na outra e estabelecem um fosso intransponível; e luto também diante daqueles que tendem a confundir cultura primeira e cultura elaborada, os que não querem reconhecer entre elas diferenças significativas nem na natureza nem na qualidade das produções [...] (SNYDERS, 1988, p. 89).

Paulo Freire também opõe o conhecimento sistematizado à esfera da opinião (ou *doxa*), quando analisa a relação entre o agrônomo extensionista e os camponeses chilenos, em sua obra *Extensão ou comunicação?* Fica clara sua posição de que esses conhecimentos são epistemologicamente diferentes:

O que não se pode negar é que, seja no domínio da pura “doxa”, seja no domínio do pensar mágico, estamos em face de formas ingênuas de captação da realidade objetiva; estamos em face de formas desarmadas de conhecimento pré-científico. (FREIRE, 1975, p. 32).

Já o filósofo da ciência Gaston Bachelard afirmava, categoricamente, que a ciência opõe-se ao senso comum, contradizendo-o. Defende que o conhecimento científico edifica-se *contra* os saberes anteriores do sujeito, *contra* os hábitos e valores acumulados na vivência cotidiana, *contra* a percepção primeira e imediata do real aparente. O primeiro conhecimento é o primeiro erro. E os erros se reforçam mutuamente:

Para o cientista, o conhecimento sai da ignorância tal como a luz sai das trevas. O cientista não vê que a ignorância é um tecido de erros positivos, tenazes, solidários. Não vê que as trevas espirituais têm uma estrutura e que, nestas condições, toda a experiência objetiva correta deve implicar sempre a correção de um erro subjetivo. Mas não é fácil destruir os erros um a um. Eles são coordenados. O espírito científico só se pode construir destruindo o espírito não científico. (BACHELARD, 1996, p. 11-12).

Bachelard utiliza a história da ciência para evidenciar como os *erros* são inevitáveis (e não *descuidados*), devido à existência do que denomina de *obstáculos epistemológicos*, inerentes ao próprio ato de conhecer. A ciência surge como “um conjunto de erros retificados”, afastando-se mais e mais do senso comum. Trouxemos Snyders, Freire e Bachelard para ilustrarmos, a partir de pontos de vista diferentes e complementares, a concepção de que há verdadeira ruptura entre conhecimento cotidiano e científico. Uma vez que a linguagem é uma forma de expressão desses conhecimentos sociais, é claro que isso implica que a passagem do cotidiano ao científico também seja marcada por uma ruptura com a própria linguagem cotidiana, ou seja, conceitos assumem diferentes significados em ambos os contextos. É por isso que alguns autores defendem, por exemplo, que aprender Ciências deva ser visto como um processo de *enculturação*, como uma inserção numa nova cultura (DRIVER et al., 1999). Nesse novo *ambiente cultural*, o sujeito reencontra, muitas vezes, os mesmos conceitos: mas já não são os mesmos, pois têm seus significados transformados. Nesse sentido, em outra analogia, aprender Ciências teria semelhanças com o aprendizado de uma nova língua.

É importante salientar que, com a ideia de ruptura, não se pretende *desprezar* os saberes cotidianos, construídos na interação dos sujeitos com os meios físico e social. Esses saberes organizam, direcionam e articulam boa parte das nossas ações no dia a dia. Nesse sentido, é fundamental que os professores conheçam e trabalhem com esses saberes. É no diálogo do cotidiano com o científico que a escola deve atuar, mas... reconhecendo as diferenças!

Retornando...

Quando analisamos conceitos como o de energia, força, massa, evolução etc. em seus contextos propriamente científicos, vemos como seus significados diferem daqueles do senso comum. O caráter de ruptura fica mais evidente. Uma análise do desenvolvimento histórico do conhecimento científico revela o quanto a construção dos conceitos centrais da Ciência sempre esteve relacionada à superação de obstáculos epistemológicos, num processo de sucessivas rupturas.

Um olhar histórico ajudar-nos-ia a perceber *por que* os significados de tais conceitos, no âmbito do conhecimento científico atualmente aceito, diferem fundamentalmente de seus significados cotidianos.

Não podemos aqui, no entanto, enveredar por essa via. Ao pensarmos no *ensino* de conceitos científicos, surge um novo problema (que nos remete àquela questão Q3 apresentada no início do capítulo): a dificuldade de o professor lidar, também, com os *próprios conceitos da Ciência!* Mesmo que ele esteja atento à ideia de ruptura entre o científico e o cotidiano, e saiba identificar concepções de senso comum, ainda assim terá o desafio de fazer aproximações adequadas do conhecimento científico ao nível de escolaridade dos alunos.

O problema se agrava ao percebermos que as próprias definições de conceitos científicos são, muitas vezes, controversas. Em Ciência, é muitas vezes difícil *definir* um conceito. Certas definições são aproximativas e, muitas vezes, não conseguem abarcar a complexidade do conceito. Outras vezes, a solução é recorrer a uma abstração muito elevada. E ainda há a questão de que, na própria Ciência, podem existir diversos níveis de modelos e teorias, que levem a definições contextuais diferenciadas (por exemplo, para os conceitos de massa na Mecânica Clássica a na Teoria da Relatividade). Aliás, nunca é demais frisar que a Ciência trabalha com *modelos* (representações do real), e os significados dos conceitos devem ser buscados no âmbito dos modelos que esses mesmos conceitos ajudam a estruturar.

Voltemos, por exemplo, ao conceito de energia. Proporcionando e – ao mesmo tempo – sendo fruto de uma grande síntese na Ciência, a energia é um conceito que se estrutura em meados do século XIX, num contexto histórico complexo, levando à aproximação, primeiramente, dos campos da Mecânica e da Termodinâmica. Uma definição possível, adotada em livros que falam da Mecânica (na Física), conceitua a energia como “a capacidade de realizar trabalho”. Essa definição pouco ajuda um professor do Ensino Fundamental preocupado em abordar com seus alunos o conceito de energia (ainda mais porque *trabalho*, em Física, também não é o trabalho cotidiano!)⁶. Certamente mais útil, no nível fundamental de ensino, seja associar o que chamamos de energia a algo que se apresenta de diversas formas e que pode ser transformado (ou convertido) de uma forma em outra. Num ventilador, por exemplo, a energia elétrica é transformada em calor e em energia de movimento (ci-

⁶ Uma definição mais formal ainda remeteria a uma grandeza que permanece invariante quando consideramos o comportamento de uma função matemática especial diante da homogeneidade do tempo (!!!).

nética) das pás, preferencialmente. Numa lâmpada incandescente, essa mesma energia elétrica transforma-se em calor e luz. Já num automóvel, a energia (potencial) química dos combustíveis gera calor e movimento, enquanto a energia (também química) da bateria gera energia elétrica que se transforma, entre outras coisas, em som (da buzina) e luz (dos faróis). Também é importante que o professor compreenda o significado do princípio de conservação da energia, segundo o qual a quantidade de energia de um sistema isolado não se altera, ainda que haja transformação de uma forma de energia em outra. É possível trabalhar uma noção simples de conservação com os alunos, por meio de exemplos como os abordados acima (ventiladores, chuveiros, lâmpadas, carros etc.). E evitar, é claro, visões substancialistas, ou seja, que associem a energia a uma *substância material*.

De modo semelhante podemos pensar no calor. A história da Ciência evidencia como foi difícil diferenciar o que hoje chamamos de calor e de temperatura, e livrarmo-nos de um conceito substancialista de calor (o *calórico*). A linguagem da própria Física ainda guarda *resquícios* disso ao referir-se, por exemplo, à *capacidade térmica* de um corpo, o que pode levar a uma ideia substancialista e atrapalhar uma compreensão adequada do conceito. O calor é normalmente definido como a energia trocada entre corpos a diferentes temperaturas, mas há quem reserve o termo *calor* ao *processo* de transferência de energia (mas não à energia *em si*). A temperatura é uma grandeza de estado, associada ao nível de agitação molecular (considerando duas barras metálicas de um mesmo material a temperaturas diferentes, a agitação molecular será maior na barra que estiver a uma maior temperatura). O calor é uma grandeza *extensiva* (que pode ser *somada*)⁷. Já a temperatura é uma grandeza *intensiva* (por exemplo, se você juntar dois copos com 100ml de água cada, ambos a 20°C, não terá 200ml de água a 40°C).

O professor do Ensino Fundamental deve evitar misturar os conceitos de calor e temperatura, assim como evitar uma visão substancialista. O calor pode ser tratado como uma forma de energia, e experimentos de mudança de fase (como a ebulição da água) con-

⁷ O calor necessário para elevar de 20°C a 22°C um bloco sólido de ferro, por exemplo, será igual ao calor necessário para levá-lo de 20°C a 21°C mais o calor necessário para levá-lo de 21°C a 22°C.

tribuem para diferenciar os conceitos (já que, durante a mudança de fase, há fornecimento de calor sem que a temperatura se altere). Algo semelhante, nós temos para a massa: evitarmos a confusão com o peso (que é uma força) e trabalharmos a noção de que a massa se conserva em processos físicos e reações químicas já é um bom começo. Embora associar massa com *quantidade de matéria* não seja o mais adequado (o mais aceito é a utilização do conceito de *mol*), isso não pode ser considerado um *pecado* para o nível fundamental, representando uma *primeira aproximação* ao conceito de massa. Mas o professor deve ter clareza de que, na Mecânica Clássica, a massa é vista como a *constante de inércia de um corpo*, aparecendo na famosa relação $F = m \cdot a$ (2ª Lei de Newton) e indicando a dificuldade de acelerar um corpo quando se aplica uma determinada força ao mesmo⁸.

O que falamos para a energia, o calor e a massa vale para muitos outros conceitos.

Concluindo

Como conclusão geral – e óbvia, a essa altura! – podemos dizer que os professores precisam garantir a correção conceitual nas aulas de Ciências, tendo como pressuposto as diferenças contextuais existentes entre os conhecimentos científico e cotidiano. Para isso, devem estar atentos, no preparo das aulas e na leitura dos livros didáticos, a confusões terminológicas e concepções de senso comum, além de buscar aproximações adequadas do conhecimento científico ao nível de escolaridade dos estudantes.

Acrescentemos, em forma de tópicos, alguns itens que merecem atenção do professor para trabalhar nessa direção:

- Procure conhecer as principais *concepções alternativas* acerca dos conceitos científicos, percebendo como isso está presente

⁸ Há muitas questões teóricas complexas envolvendo a massa, um conceito que, à primeira vista, parece simples! Na própria mecânica temos a massa inercial e a massa gravitacional, mas que têm o mesmo valor. E existe ainda a noção relativística de massa...

⁹ Procure por: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Ciência e Educação, Ciência e Ensino, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Alexandria, entre outros. Visite também o sítio da Abrapec (Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências).

no conhecimento cotidiano. Há uma vasta literatura a esse respeito na pesquisa em ensino de Ciências, com uma série de revistas especializadas disponíveis na internet⁹;

- Estude e valorize, na medida de suas possibilidades, a história e a filosofia das Ciências. São conhecimentos que nos ajudam a compreender e interpretar a construção histórica dos conceitos e as mudanças de significado que eles sofreram;
- Busque fontes confiáveis para esclarecer o significado científico dos conceitos que pretende abordar (não confie, por exemplo, nas *definições* de um dicionário comum ou de determinados sítios da internet). Conheça-os numa profundidade maior do que a necessária para trabalhar com os alunos, em sala de aula;
- Faça as aproximações e adaptações necessárias, buscando operacionalizar o conceito no trabalho com um determinado nível de ensino. Não distorça os conceitos, ferindo a correção conceitual. Lembre-se: adaptar e simplificar não é distorcer;
- Identifique as concepções iniciais dos alunos acerca do conceito a ser abordado. É importante que o trabalho se inicie a partir de um conceito comum, partilhado entre o grupo-classe e o professor;
- Esteja sempre atento aos diferentes contextos em que certo conceito aparece, principalmente nas falas dos estudantes. Chame a atenção deles para as diferenças de significado;
- Busque estabelecer um diálogo entre conhecimentos cotidianos e científicos, abordando em sala de aula os saberes populares e o conhecimento de senso comum. Explicitar as diferenças de linguagem e de contextos ajudará os estudantes a discernirem os diferentes significados;
- Não espere que o aluno abandone seus conhecimentos cotidianos em favor dos científicos. Em vez disso, ensine-o a usar cada conceito no contexto apropriado.

Referências

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; MORTIMER, Eduardo; SCOTT, Philip. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, maio 1999.

FREIRE, Paulo. **Extensão ou Comunicação?** 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

LOPES, Alice R. C. **Conhecimento escolar:** ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

SANTOS, Maria Eduarda. **Mudança Conceptual na Sala de Aula:** um desafio pedagógico. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

SNYDERS, George. **Alegria na Escola.** São Paulo: Manole, 1988.

Capítulo 2

Pelas ondas do saber

Conhecer, agir e transformar o ambiente

*Marsílio Gonçalves Pereira**



Figura 2: Um novo olhar para a Terra

És o mais bonito dos planetas
Tão te maltratando por dinheiro
Tu que és a nave nossa irmã
(*O Sal da Terra*, Beto Guedes
e Ronaldo Bastos).

Há um descuido e um descaso na salvaguarda de nossa casa comum, o planeta terra. Solos são envenenados, ares são contaminados, águas são poluídas, florestas são dizimadas, espécies

de seres vivos são exterminadas; um manto de injustiça e de violência pesa sobre dois terços da humanidade. Um princípio de autodestruição está em ação, capaz de liquidar o sutil equilíbrio físico-químico e ecológico do planeta e devastar a biosfera, pondo assim em risco a continuidade do experimento da espécie *Homo sapiens e demens*. (BOFF, 1999, p. 20).

O propósito deste texto é destacar alguns aspectos importantes em relação ao tratamento que o sistema de ensino faz sobre a

* Professor do Departamento de Metodologia da Educação da Universidade Federal da Paraíba.

temática ambiental, e a partir daí refletir as suas implicações para o trabalho do professor. É intenção também apresentar alguns elementos de natureza teórico-metodológica, que possam contribuir com uma docência profissionalizante, reflexiva, crítica e transformadora que coloque os saberes diversos em articulação na perspectiva de formar em seus alunos conceitos, atitudes e valores para o exercício pleno de sua cidadania. De modo que possa valer o processo de formação da sensibilização, da consciência e da conscientização. Pois,

[...] desenvolver a consciência dos atuais problemas dos cidadãos, em âmbito sistêmico, e buscar diferentes colaboradores que ampliem os benefícios de uma compreensão do papel da ciência no mundo contemporâneo com uma visão interdisciplinar – e com preocupações éticas e cívicas – são tarefas que exigem envolvimento e ação (KRASILCHICK; MARANDINO, 2007, p. 49).

Neste sentido, são tomados, como base dos livros didáticos de Ciências para as séries iniciais do Ensino Fundamental, conhecimentos sistematizados acerca do tema, bem como atividades de formação inicial e continuada de professores, que contemplam atividades acadêmicas de ensino, pesquisa e extensão, como aquelas registradas em Pereira e Guerra (2008). A intenção é que, a partir da leitura dos aspectos aqui considerados e de uma reflexão sobre eles, o professor possa (re)significar sua prática docente e assim contribuir com a profissionalização de seu trabalho docente. Profissionalização aqui entendida como “o desenvolvimento sistemático da profissão, fundamentada na prática e na mobilização/atualização de conhecimentos especializados e no aperfeiçoamento das competências para a atividade profissional” (RAMALHO; NUÑEZ; GAUTHIER, 2004) e que pode influenciar também sua tomada de decisão frente às demandas e necessidades do currículo de Ciências e do cotidiano escolar.

Como o tema *meio ambiente* é tratado nos livros didáticos e na escola?

Na tentativa de responder à pergunta acima, são apresentados fatos que podem ser observados em livros didáticos e no cotidiano escolar, que têm gerado, por um lado, uma aproximação

aos conhecimentos científicos atuais e por outro alguns equívocos conceituais e metodológicos. Tradicionalmente, no ensino de Ciências, a abordagem de temas sobre o meio ambiente é realizada nas seções ou capítulos dos livros didáticos relacionados à Ecologia. Os livros, de modo geral, incentivam o aluno a desenvolver uma postura de conservação, uso e manejo correto do ambiente. Isso é tão fortemente evidente que o eixo temático *Vida e ambiente* aparece especificamente na estrutura de muitos deles. Tópicos de conteúdos sobre meio ambiente são inseridos para serem tratados em todas as séries iniciais do Ensino Fundamental e, quando não aparecem especificamente, tais conteúdos aparecem difusos em outras unidades de estudo. Temas como *cuidados com o ambiente, espécies em desaparecimento, tratando a água, recursos naturais, lixo e reciclagem, consumo de energia, estudando áreas verdes, parques nacionais, nosso estilo de vida e nossa saúde, da combustão à poluição* ilustram essa preocupação.

Na organização dos capítulos dos livros didáticos, as informações veiculadas estão voltadas à defesa de um modelo de desenvolvimento sustentável, onde se destacam assuntos importantes da atualidade associados a conhecimentos eminentemente biológicos/ecológicos. Neste contexto, diferentes concepções de meio ambiente são passadas aos professores e alunos pelos livros didáticos: às vezes, o meio ambiente é apresentado como sendo a natureza para ser apreciado, respeitado e preservado. Em alguns livros, é tido como um recurso para ser gerenciado. Em outros, o meio ambiente é apresentado com os seus problemas para serem resolvidos. Para outros tantos, o meio ambiente é um lugar para se viver, para se conhecer e aprender sobre o mesmo, para planejar ações e para cuidá-lo. Também, às vezes, no tratamento deste tema, existe o enfoque do projeto comunitário onde os atores sociais são envolvidos nas ações voltadas para a conservação e preservação ambiental.

Conforme o exposto acima, percebe-se que o termo (*meio ambiente*) assume diferentes configurações, tendo uma natureza polisêmica, conforme reforçado pela professora Mônica Meyer (UFMG), que apresenta neste livro um capítulo muito interessante referente ao tema corpo humano e que realça também a sua relação com o (meio) ambiente. Em entrevista ao *Jornal Dimensão na Escola*, ano I, nº 3, novembro/dezembro de 2007, a professora considera:

Meio é espaço físico, é metade, é também origem (meio social de uma pessoa, por exemplo). É, portanto, uma palavra polissêmica. Nas outras línguas, há apenas uma palavra para expressar o que nós, no Brasil, chamamos de meio ambiente: *environment* (em inglês), *ambiente* (em espanhol), *miljø* (em dinamarquês), *umwelt* (em alemão). Penso que isso não é apenas uma questão semântica. É também ideológica.

Reforça ainda que a ideia de *meio* pode nos fazer considerar em nossas análises a questão ambiental pela metade,

[...] muitas vezes, há uma tendência a coisas do tipo: “vamos preservar a natureza”, “não jogue o lixo aqui” etc. O “não” está muito presente, como norma de conduta. Mas desconsidera-se por que tudo isso está acontecendo, a dimensão cultural e econômica. No entanto, a natureza é transformada pelo trabalho humano. A discussão ambiental acaba ficando pela metade, pelo meio do caminho. Há uma tendência recorrente das pessoas ao discurso. Tem-se o discurso, mas não a ação. Fica tudo pela metade.

E para você, o que é (meio) ambiente? Para contribuir com o seu pensamento e com o seu trabalho pedagógico, é apresentado um poema de Lúcia Maria Alves Silva, escrito em 1994, cujo título é *Ambiente* (LEÃO; SILVA, 1999), que ilustra uma abordagem conceitual sistêmica que o considera como uma categoria de elevada interação e complexidade.

É fundamental que seja realizada uma discussão do poema e de seus significados com os alunos para que eles se apropriem dos diversos sentidos do conceito de ambiente.

Pense e planeje alguma atividade em que você possa utilizar o poema como um recurso didático para abordar o tema com seus alunos. Algumas estratégias de ensino como, por exemplo, uma declamação dinâmica e participativa, a utilização de teatro de bonecos em sala de aula para declamação da poesia, a realização de um jogral, podem tornar esta atividade bem interessante e participativa. As crianças gostam muito de participar de atividades dessa natureza. Pode ser solicitado também que realizem uma pesquisa na literatura

e com pessoas da comunidade sobre outros poemas que versem sobre meio ambiente. Na região Nordeste, uma modalidade bastante interessante que pode ser explorada é a literatura de cordel.

AMBIENTE

Lúcia Maria Alves Silva

O AMBIENTE É O CÉU
O AMBIENTE É O MAR
O AMBIENTE É A DOR
O AMBIENTE É O AMOR
O AMBIENTE É TUDO ISSO
E É TUDO O QUE NÃO MAIS É E É TUDO
O QUE VENHA A SER
E É TUDO O MAIS
E O HOMEM É PARTE DELE
E É TAMBÉM DE PARTES
PARTES SEPARADAS?
PARTES ISOLADAS?
PARTES? PARTES INTEGRADAS!
INTEGRADAS? INTER-RELACIONADAS!
EM PERMANENTE DEPENDÊNCIA
EM PERMANENTE INFLUÊNCIA
EM PERMANENTE TROCA, INTER-RELAÇÃO
NO MOVIMENTO, DESTRUÇÃO, CONSTRUÇÃO
NO SER, O VIR A SER
NO AGIR, O FAZER ACONTECER.



Figura 3: Representação artística relativo ao poema *Ambiente*

Outro aspecto importante para refletirmos é sobre a atenção que devemos ter para um tipo de determinismo/reducionismo que geralmente vem sendo praticado com relação a este assunto, ou seja, o de considerar o tratamento da temática ambiental nos livros didáticos e em algumas práticas escolares de Ciências como sinônimo de Educação Ambiental e para as suas consequências no processo de ensino e aprendizagem desta temática na escola. Até porque as práticas de Educação Ambiental, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental devem ser de natureza transversal e não podem estar associadas unicamente à disciplina

de Ciências, como rotineiramente muitas escolas fazem. Em nosso sistema de ensino atual, o tema *meio ambiente* é considerado transversal, devendo ser tratado de forma articulada entre as diversas áreas do conhecimento, de forma a impregnar toda a prática educativa e, ao mesmo tempo, criar uma visão global e abrangente da questão ambiental (GUIMARÃES, 2000). É assim que você pensa? Esta transversalidade vem acontecendo na escola? Será que nossas ações declaradas como Educação Ambiental refletem a apropriação metacognitiva do conteúdo e da metodologia com que trabalhamos com os nossos alunos? O que ensinamos? Por quê? Como? E para que ensinamos tais conteúdos sobre meio ambiente? Trabalhamos com a formação de conceitos científicos físicos/químicos/geológicos/biológicos e/ou com práticas de Educação Ambiental quando tratamos os temas ambientais? São questões interessantes para pensarmos como estamos agindo com nossos alunos e com o que ensinamos na disciplina de Ciências e que podem nos conscientizar e nos auxiliar numa tentativa de conhecermos a respeito de nosso trabalho e o que podemos fazer para melhorar.

Aqui, as estratégias metacognitivas, ou seja, aquelas que levam o professor a pensar sobre o seu próprio pensar, tornando-o consciente do que já sabe, do que ainda não sabe e do que, eventualmente, poderá vir a saber, tomam lugar de destaque. Pois é a partir de atividades ou apropriações metacognitivas que o professor passa a gerir o uso de seus processos de pensamento e a regulá-los de acordo com os objetivos cognitivos definidos para as aprendizagens científicas.

Então, o conhecimento científico sobre temas ambientais veiculado pelos livros didáticos de Ciências pode se constituir em ferramenta indispensável ao planejamento e à ação voltada para atividades em Educação Ambiental, mas nunca confundido com a mesma. Na maioria das vezes, os livros didáticos se voltam mais na exposição do conhecimento científico em sua dimensão biológica em detrimento de saberes mais amplos que explicam as relações homem-sociedade-natureza. Isto é reforçado por Freitas (2008, p. 239), que coloca esta perspectiva como um equívoco, decorrente de uma

[...] forma apressada e pouco refletida de pensar, considerar a Educação Ambiental como privilégio das aulas de Ciências pelo fato de seus conteúdos estarem fortemente ligados às áreas de Ciências Naturais (Biologia, Física e

Química) e orientar a sua implementação, no âmbito escolar, pelo desenvolvimento de práticas educativas isoladas ou pontuais relacionadas apenas às questões ambientais que estão colocadas na ordem do dia.

Este aspecto é ainda ratificado por Tozoni-Reis (2003, p. 11) quando enfatiza que

[...] a educação ambiental não se restringe ao ensino de ecologia e ao ensino de ciências, e também não se caracteriza como um “doutrinação” para modificar comportamentos ambientais predatórios.

A autora apresenta, de modo sintético, uma definição para a educação ambiental, de modo a refletir o pensamento daqueles que têm uma concepção mais crítica de educação ambiental, ou seja,

[...] a idéia de que ela é um processo de construção da relação humana com o ambiente onde os princípios da responsabilidade, da autonomia, da democracia, entre outros, estejam sempre presentes. (TOZONI-REIS, 2003, p. 11)

Atualmente, isto é tão evidente e encontra reforços no pensamento de Sato (2004, p. 23), quando afirma que tratar da questão da educação em relação ao ambiente não se limita ao impacto mútuo entre ambas, nem mesmo em considerar simplesmente as modificações ambientais. A questão é bem mais complexa, exigindo inclusive o conhecimento das doutrinas filosóficas que implicam nas mudanças.

Isto pode servir também como um possível argumento para explicar por que as ações de Educação Ambiental na escola não vêm correspondendo aos fatos e às suas intenções declaradas. Pois as preocupações estão mais voltadas ao plano da mudança de comportamento (algo muito difícil e demorado de ocorrer), como produto das ações, do que aquelas voltadas para o desenvolvimento de atitudes e valores, ou seja, a tomada de consciência e conscientização (estratégias metacognitivas de saberes). Os alunos e professores necessitam destas estratégias de apropriação de saberes científicos (referentes às diferentes áreas do conhecimento

humano), mas também de saberes populares, artísticos e culturais como legado social para poder conhecer, gostar, agir e transformar o ambiente em que vivem, de modo a atender às suas necessidades e as de sua comunidade.

O professor André Ferrer Pinto Martins apresenta, no capítulo anterior – *Palavras, Textos & Contextos* –, uma abordagem instigante e interessante sobre este conteúdo. Nesta direção, vale a pena destacar os trabalhos do tipo *estudo do meio*, que proporcionam ao professor trabalhar com seus alunos de modo a valorizar os elementos e aspectos locais do ambiente escolar, do entorno da escola; enfim, levar o aluno a conhecer/reconhecer melhor a comunidade em que vive e está inserido.

Outra modalidade didática interessante é a de trabalhar a percepção ambiental dos alunos: do ambiente escolar, do ambiente natural, da cidade, do bairro, da rua, da casa em que moram; do ambiente cultural, do ambiente rural, ou seja, daquilo que o rodeia, que faz parte de sua vida e através do qual se sente parte do todo.

Para o desenvolvimento destas atividades de percepção ambiental, algumas estratégias são interessantes, como o desenvolvimento de oficinas de representação temática através de pinturas, desenhos, colagens. A produção textual também é uma modalidade interessante. Outras estratégias são recomendadas, como a aplicação de questionário e de entrevistas reflexivas, onde as imagens individuais do ambiente local podem ser socializadas e refletidas quanto aos significados atribuídos por cada um dos atores sociais envolvidos no processo de ensino e aprendizagem e, assim, (re)construídos ou (re)significados.

Os projetos de ensino também são muito interessantes. Um tema bastante interessante e atual é a poluição sonora, que tem relação com qualidade do som e barulho. Hoje em dia, vivemos cercados por tecnologias geradoras de sons diversos. Alguns agradáveis e outros desagradáveis. Pense em desenvolver algum projeto de ensino voltado a trabalhar com seus alunos esse tema. Leve-os para diferentes lugares e trabalhe com eles a percepção de sons diferentes, naturais e artificiais. Em algum momento, trabalhe a confecção de instrumentos alternativos e de brinquedos que produzam sons. Trabalhe com as crianças na elaboração de uma lista de sons agradáveis e desagradáveis. Esses aparelhos usados pela criançada, como o *MP3 player*, produzem sons agradáveis ou desagradáveis? Quais

as implicações desses sons para a saúde e para o desempenho nos estudos? São algumas questões que podem nortear o trabalho.

Outro ponto a ser considerado é que, algumas vezes, a depender da prática de ensino do professor e do material didático que venha a utilizar com seus alunos, de modo acrítico, ele possa contribuir com um processo de alienação sócio-ambiental-cultural. Pois aos alunos são apresentados elementos e aspectos de ambientes distantes de sua realidade. Como exemplo do que estamos falando, certo dia, uma professora, no sertão da Paraíba (região semiárida), onde há predominância da Caatinga, solicitava das crianças na escola que representassem a flora e a fauna da região. Como resultado, de maneira geral, constatou-se representações de uma flora robusta e densa, típica de florestas tropicais e, como animais, apareciam leão, girafa, ou seja, espécies exóticas não encontradas no ambiente natural onde os alunos vivem. O esperado seria que eles, tomando como base os saberes escolares, reconhecessem como espécies nativas, por exemplo, as plantas da família das cactáceas (família de plantas à qual os cactos pertencem), os calangos e outros lagartos, como animais, que são bem frequentes nesse ambiente. Isto mostra a necessidade de se considerar, como ponto de partida para se trabalhar a temática ambiental, aspectos e elementos do ambiente natural, social e cultural dos alunos, bem como suas representações e saberes espontâneos relacionados com o assunto. Isto não impede que outros ambientes, com seus componentes diversos e distantes da realidade do aluno, lhes sejam apresentados. A leitura do mundo deve ser iniciada a partir dos elementos locais para ganhar novas amplitudes e significados.

Concepções da temática ambiental nos livros didáticos e nas aulas de Ciências

Não é intenção apresentar os aspectos que seguem como sendo de caráter conclusivo e absoluto; apenas são elementos revelados no contexto das produções e ações voltadas ao ensino de Ciências, quando consideram a temática ambiental, e que, de alguma forma, acaba influenciando na imagem conceitual de meio ambiente, que se forma e se perpetua no imaginário docente e da criança.

De um modo geral, quando os livros didáticos e as aulas de Ciências tratam do conceito de meio ambiente, podem-se perceber

algumas concepções neste tipo de abordagem. Uma que é bastante evidente é a *generalizante*, quando define meio ambiente de forma ampla, vaga e abstrata. Outra concepção é a *naturalista*, quando trata o meio ambiente como sinônimo de natureza e como o lugar onde os seres vivos habitam, bem como enfatiza os fatores bióticos e abióticos na composição do meio. Outra, a *biocêntrica*, aparece quando, no repertório conceitual, considera-se o ser humano como mais um ser vivo que se encontra inserido no meio ambiente, sem que este, necessariamente, tenha utilidade para o homem. A concepção *antropocêntrica* também aparece e é caracterizada quando o meio ambiente é considerado a serviço do homem e de sua existência. Uma concepção que se aproxima mais da realidade natural é a *multidimensional*, que considera o meio ambiente como um sistema complexo, resultante da interação entre fatores diversos como os biológicos, físicos, químicos, culturais, históricos, políticos, econômicos, numa configuração em constante mudança. Esta concepção, porém, é pouco observada no contexto das produções didáticas e ações de ensino de Ciências.

Portanto, constata-se, no tratamento dos temas em meio ambiente, certo *biologismo* ou *ecologismo*, ou seja, o conhecimento passado é aquele desenvolvido no contexto da Biologia/Ecologia, a exemplo de temas como: ecossistemas, populações, comunidade, pirâmide alimentar, relações entre os seres vivos, equilíbrio e desequilíbrio ambiental, às vezes, negligenciando a natureza multidisciplinar do enfoque ambiental. Por outro lado, às vezes, exploram aspectos sensacionalistas relacionados à defesa e à preservação do meio ambiente, na maneira *custe o que custar, de qualquer jeito*, o que pode induzir a posturas ingênuas e inconsequentes, podendo levar as crianças a ignorar o que a Ciência diz a respeito do assunto. O foco educacional acaba sendo voltado para produtos imediatos, o que é um grande equívoco. A educação, como processo, é uma busca permanente pela realização plena do sujeito em transformação. Pensar na construção de uma sociedade sustentável é investir nas crianças de hoje, não no sentido de que tenhamos no imediato as respostas que almejamos, mas com a esperança de que tenhamos um futuro mais próspero para a Terra e para todas as formas de vida nela presentes.

Outro aspecto pertinente em nossa reflexão é quando os livros dão ênfase e retratam de modo exagerado o meio ambiente através de imagens sobre os problemas e calamidades socioambientais,

podendo levar o aluno a perceber o meio ambiente apenas como um problema a ser resolvido.

Se quisermos fazer com que nossos alunos sintam-se responsabilizados pela construção de uma sociedade justa e fraterna e por um ambiente dinamicamente equilibrado, onde se goze plenamente de boa qualidade ambiental e de vida, deveríamos ao menos estimulá-los e sensibilizá-los a ter uma relação com o meio ambiente, de modo a aproximá-los também dos elementos que explorem a beleza e a riqueza dos recursos naturais, bem como a dinâmica da vida em seu ciclo constante de renovação. Acredito que a gente cuida daquilo que a gente conhece e ama. Por isso, a dimensão afetiva no campo das emoções deve ser aqui considerada, porque

[...] ao compreendermos que a afetividade está na base de nossas ações, defendemos a importância de estarmos atentos aos sentimentos que nos foram estimulados em relação ao nosso lugar. Precisamos então estar vigilantes acerca dos sentimentos que foram outrora despertados em nós e presentemente vivenciados em relação ao ambiente, ao lugar do qual somos parte, desde a casa até o cosmos, nisso envolvendo bairro, cidade, país e planeta. O que nos levou a traçar uma cultura da destruição e da violência? (FERREIRA, 2009, p. 4).

A autora chama a nossa atenção para a origem das ações e seus significados e para a ética da afetividade e da amorosidade no tratamento da temática ambiental, quando considera

[...] necessário e urgente que olhemos não apenas para as ações, mas para o que está por trás de cada ação, os afetos que as originam, para que possamos trabalhar em uma mudança de valores, sentimentos e emoções, considerando a ética da afetividade e a amorosidade na educação (FERREIRA, 2009, p. 4).

Isto nos pode auxiliar, por exemplo, na compreensão do fenômeno da violência no espaço escolar: em relação ao patrimônio escolar, aos colegas, aos professores, aos alunos, como se não existisse nenhum vínculo afetivo e amoroso do aluno com o espaço físico da

escola e com as pessoas que ali vivem e se relacionam. O ensino de Ciências, no tratamento da temática ambiental, pode contribuir para que nossos alunos possam interpretar e (re)significar seus conhecimentos acerca da realidade socioambiental em que vivem, numa perspectiva da formação cidadã, libertadora e transformadora.

O despertar da cidadania é um dos mais importantes momentos da vida de crianças, jovens e adultos. É quando a noção de direitos e deveres transcende meros interesses individuais para traduzir uma nova leitura e interpretação de mundo, que reflete a responsabilidade de cada pessoa na construção de valores coletivos plenos, plurais e democráticos que assegurem o bem-estar humano e o respeito a todas as formas de vida em suas mais variadas manifestações. É quando se descobre o valor que cada um tem na construção de um mundo melhor para todos. Entre esses valores coletivos se consagra o direito que todos temos a um ambiente saudável e, igualmente, o dever ético, moral e político de preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Então, o ensino de Ciências nas séries iniciais pode funcionar como uma espécie de catalisador no processo de formação de nossas crianças, devendo habilitá-las a perceberem a importância que tem o conhecimento científico, que pode estar a serviço delas e fazer com que elas conheçam o meio em que vivem, para poder amar, cuidar e melhorar cada vez mais; ou seja, com a educação, transformar-se para transformar.

Construindo estratégias de ensino e aprendizagem: trilhando pelo saber e pelo aprender

Ao longo deste texto, em outros capítulos deste Livro e em outros livros (PEREIRA, 1993; LEVINE; GRAFTON, 1996; THEÓPHILO; MATA, 2001; KRASILCHICK; MARANDINO, 2007), o professor vai encontrar sugestões de atividades de ensino e aprendizagem que podem ser exploradas na abordagem da temática ambiental nas séries iniciais do Ensino Fundamental, numa perspectiva de alfabetização científica em que o aluno aprenda Ciências na articulação com o seu dia a dia, percebendo, analisando, interpretando e transformando o seu mundo, a sua vida. Com essas sugestões espera-se que os professores possam, em sua dinâmica de trabalho, acrescentar, contextualizar, adaptar, transformar, e *construir* suas próprias estratégias

de ensino de modo a facilitar o seu trabalho docente e o processo de aprendizagem de seus alunos.

Um tema interessante a ser trabalhado é a *poluição do ar*. O professor deve levar o aluno ao desenvolvimento de habilidades cognitivas, psicomotoras e afetivas, como, por exemplo, sugerir que os alunos identifiquem as fontes poluidoras de ar no ambiente em que vivem. Para motivar seus alunos à participação na atividade, o professor pode sugerir deles que ouçam e cantem a música *Xote Ecológico* de Luiz Gonzaga.

XOTE ECOLÓGICO

Luiz Gonzaga

Não posso respirar, não posso mais nadar.

A terra tá morrendo, não dá mais
pra plantar.

Se planta não nasce se nasce não dá.

Até pinga da boa é difícil de encontrar.

Cadê a flor que estava ali?

Poluição comeu.

E o peixe que é do mar?

Poluição comeu.

E o verde onde que está?

Poluição comeu.

Nem o Chico Mendes sobreviveu.

A terra tá morrendo, não dá mais
pra plantar.

Se planta não nasce se nasce não dá.

Até pinga da boa é difícil de encontrar.

Cadê a flor que estava ali?

Poluição comeu.

E o peixe que é do mar?

Poluição comeu.

E o verde onde que está?

Poluição comeu.

Nem o Chico Mendes sobreviveu.

A partir desta canção, uma situação-problema pode ser apresentada aos alunos: o ar que nos rodeia exerce funções importantíssimas na manutenção da vida na terra. Os seres vivos utilizam os gases componentes do ar para diferentes finalidades, dentre elas, a respiração. No entanto, o homem tem lançado, na atmosfera, resíduos ou outros materiais provenientes do processo de fabricação ou usados em suas atividades, que alteram a qualidade do ar, tornando-o prejudicial ao próprio homem, a outros animais ou a qualquer ser vivo. A atividade aqui proposta vai tratar exatamente dessa temática, ou seja, da poluição do ar. É interessante iniciar investigando sobre o conhecimento espontâneo que a criança tem em relação ao tema em estudo, e daí realizar as aproximações necessárias destas com o conhecimento científico específico. Isto pode ser feito através de exercícios de pintura/desenho, exercícios escritos, leituras dinâmicas, dentre vários recursos metodológicos. A própria discussão a partir da problemática que a música oferece é uma oportunidade de identificar as formas de pensar dos alunos. O professor pode agora lançar um desafio aos alunos, propondo que eles pesquisem e desenvolvam algum experimento para identificar fontes e poluentes do ar que eles ou outras pessoas respiram.

Outra atividade interessante, envolvendo música e integrando Ciências com Língua Portuguesa, que pode ser desenvolvida com os alunos da 4ª e 5ª série, está relacionada ao assunto *tipos de fontes de energia*. O objetivo é oferecer uma oportunidade para o aluno desenvolver a habilidade de expressão oral e escrita, trabalhando um conteúdo da área ambiental.

Alguns materiais que devem ser providenciados para o desenvolvimento da atividade: pequeno texto sobre *tipos de fontes energéticas e seu uso* (pode ser encontrado no livro didático); recortes coloridos de revistas e jornais com ilustrações de tipos de fontes de energia; cartolina; pincéis multicoloridos; letra da música *Luz do sol*; CD com a gravação da música a ser trabalhada; toca-CD; giz, apagador e lousa.

O método aqui proposto é o MOF (*mostrar, ouvir e falar*). A metodologia deve ser desenvolvida em duas etapas.

Na primeira etapa, o professor organiza a turma em equipes de três ou quatro alunos e solicita a leitura oral do texto em cada equipe. Depois, pede que os alunos respondam a seguinte pergunta (apresentada na lousa): *O que são fontes energéticas renováveis e não-renováveis?* Após distribuir os recortes coloridos sobre o assunto

entre as equipes, solicita aos alunos que classifiquem o material recebido quanto à representação do tipo de fonte energética e seu uso. Cada equipe deve organizar cartazes com a elaboração de frases ou de pequenos textos explicativos relacionados ao material que será apresentado, de modo a destacar o tipo de fonte energética que representa o material e a importância de seu uso pelo homem. Para terminar esta primeira etapa, o professor organiza a apresentação dos cartazes por equipe (momento da externalização do saber – *mostrar, ouvir e falar*) e monta um quadro na lousa para fazer anotações e discutir com os alunos os resultados obtidos.

Na segunda etapa, o professor deve distribuir a cópia da música (ver logo abaixo), solicitar uma leitura oral, que escutem a música (momento do *ouvir*) e depois cantem com o CD. Então, apresenta aos alunos as seguintes perguntas: *Qual a fonte ou quais as fontes de energia que você consegue identificar na música? O que você destacaria na letra da música que tem relação com o assunto da aula e por quê?*

Finalmente, o professor deve conduzir a discussão dos resultados com seus alunos. Para isso as respostas devem ser organizadas na lousa.

LUZ DO SOL

Caetano Veloso

Que a folha traga e traduz
Em verde novo
Em folha, em graça, em vida,
em força, em luz.
Céu azul que vem até
Onde os pés tocam na terra
E a terra inspira e exala seus azuis
Reza, reza o rio.

Córrego pro rio, o rio pro mar
Reza correnteza, roça a beira
doura a areia
Marcha o homem sobre o chão
Leva no coração uma ferida acesa
Dono do sim e do não
Diante da visão da infinita beleza
Finda por ferir com a mão essa delicadeza
Coisa mais querida, a glória da vida
Luz do Sol que a folha traga e traduz.
Em verde novo, em folha, em graça, em vida
Em força, em luz.

Meio ambiente, por que cuidar?

Há uma grave crise civilizacional instalada, que pode ser traduzida pelas palavras de Boff (1999, p. 18):

[...] o sintoma mais doloroso, já constatado há décadas por sérios analistas e pensadores contemporâneos, é um difuso mal-estar da civilização. Aparece sob o fenômeno do descuido, do descaso e do abandono, numa palavra, da falta de cuidado.

Do século XX para cá, o homem tem acelerado o processo de alteração profunda e destruição do meio ambiente, ao ponto de perceber que a necessidade de salvar o planeta é um aspecto que está diretamente relacionado com a sobrevivência da espécie humana e de todos os organismos vivos. Daí a evidência da importância que tem o processo de ensino e aprendizagem em Ciências, voltado para uma compreensão pública da Ciência, que lança mão do conhecimento científico numa perspectiva do movimento *ciência, tecnologia, sociedade e ambiente* (CTSA). Isto é constatado quando

[...] a sua presença reiterada indica a importância da ciência e da tecnologia na nossa vida diária, nas decisões e nos caminhos que a sociedade pode tomar e na necessidade de uma análise cuidadosa e persistente do que é apresentado ao cidadão (KRASILCHICK; MARANDINO, 2007, p. 21).

Neste sentido é que o tratamento de temas ambientais pode contribuir com a conscientização e sensibilização dos atores sociais frente aos problemas e às soluções que são produzidas no âmbito da Ciência e Tecnologia. Neste contexto, a escola tem um papel muito importante como um espaço que pode trazer para o centro da discussão questões ambientais importantes, como sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável, como cuidar de nossa água, do ar, da terra, dos seres vivos, de nossos alimentos, de nossa casa, de nosso corpo, de nossa comunidade e de nossa escola; enfim, do mundo em que vivemos.

Finalizo este capítulo da mesma forma como o comecei, convidando o professor a refletir sobre o significado e a importância das palavras que Leonardo Boff (1999, p. 135) nos apresenta:

O cuidado com a Terra representa o global. O cuidado com o próprio nicho ecológico representa o local. O ser humano tem os pés no chão (local) e a cabeça aberta para o infinito (global). O coração une chão e infinito, abismo e estrelas, local e global. A lógica do coração é a capacidade de encontrar a justa medida e construir o equilíbrio dinâmico.

Portanto, é tarefa fundamental do educador orientar as crianças de hoje a construírem significados, seguros e necessários, para que façam suas opções e consolidem seus valores, podendo fazer suas escolhas.

Referências

- BOFF, L. **Saber cuidar: ética do humano – compaixão pela terra**. Petrópolis: Vozes, 1999.
- FREITAS, D. Educação Ambiental e o papel do/a professor/a: educar para além da sociedade do conhecimento. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 239-249.
- FERREIRA, K. P. M. Dialogicidade e afetividade: contribuições da educação ambiental e da psicologia ambiental para uma cultura de paz com a natureza. In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORTE E NORDESTE, 19., jun. 2009, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Editora da UFPB, 2009. p. 1-14 (CD-ROM).
- GUIMARÃES, M. **Educação Ambiental**. Duque de Caxias: Unigranrio, 2000.
- JORNAL DIMENSÃO NA ESCOLA. Belo Horizonte-MG: Editora Dimensão, ano 1, n. 3, nov./dez. 2007.
- KRASILCHICK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007.
- LEÃO, A. L. C.; SILVA, L. M. A. **Fazendo Educação Ambiental**. 3. ed. Recife: CPRH, 1999.
- LEVINE, S.; GRAFTON, A. **Brincando de Einstein: atividades científicas e recreativas para sala de aula**. 2. ed. Campinas: Papyrus, 1996.
- PEREIRA, A. B. **Aprendendo ecologia através da educação ambiental**. Porto Alegre: Sagra DC Luzzatto, 1993.

PEREIRA, M. G.; GUERRA, R. A. T. A temática ambiental na educação escolar: tecendo fios e vencendo desafios na construção de saberes e fazeres. In: PEREIRA, M. G.; AMORIM, A. C. R. **Ensino de Biologia: fios e desafios na construção de saberes**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2008. p. 171-198.

RAMALHO, Betania Leite; NUÑEZ, Isauro Beltrán; GAUTHIER, Clermont. **Formar o Professor**. Profissionalizar o Ensino. Perspectivas e Desafios. Porto Alegre: Sulina, 2004.

SATO, M. **Educação Ambiental**. São Carlos: RiMa, 2004.

THEÓPHILO, I. M.; MATA, M. F. **Ensino de Ciências**. Fortaleza: Brasil Tropical, 2001. (Coleção para professores nas séries iniciais, v. 3).

TOZONI-REIS, M. F. C. Pesquisa em Educação Ambiental na Universidade: produção de conhecimentos e ação educativa. In: TALAMONI, J. L. B.; SAMPAIO, A. C. (Org.). **Educação Ambiental: da prática pedagógica à cidadania**. São Paulo: Escrituras, 2003. p. 9-19.

Capítulo 3

O ensino de química nos anos iniciais

Ampliando e diversificando o conhecimento de mundo

*Roque Moraes**

*Maurivan Güntzel Ramos***

Com este texto, pretendemos dialogar com o professor que atua nos anos iniciais do Ensino Fundamental e se propõe a integrar conteúdos de Ciências em seu trabalho e, mais especificamente, alguns conteúdos da área da Química. Ao longo do texto, argumentamos que os professores que trabalham nesse nível de ensino têm condições de inserir em suas atividades de aula alguns conceitos químicos, propiciando aos alunos gradativa complexificação dos mesmos ao longo dos anos. Fazemos isso a partir de reflexões propostas em torno de respostas a quatro perguntas principais:

- O que ensinar de Química nos anos iniciais?
- Como ensinar Química nos anos iniciais?
- Por que ensinar esses conteúdos desse modo?
- Quais as implicações das respostas a essas questões em relação aos livros didáticos de Ciências nos anos iniciais?

* Licenciado em Química (UFRGS, doutor em Educação (UFRGS), Professor Visitante da Universidade de Rio Grande (FURG). Linhas atuais de pesquisa: Ensino e Aprendizagem de Ciências e Química; Formação de professores.
E-mail: rmoraes.ez@terra.com.br.

** Licenciado em Química e Químico (PUCRS), doutor em Educação (PUCRS), professor da Faculdade de Química da PUCRS. Linhas atuais de pesquisa: Ensino e aprendizagem em Ciências e Química; Formação de professores.
E-mail: mgramos@puers.br.

Assumimos que os alunos reconstróem o seu conhecimento, gradativamente, a partir do que já conhecem. Por isso, nessa fase do ensino de Ciências, é importante investir nas ferramentas da linguagem, com ênfase na fala, na escuta, na leitura e na escrita; enfim, no diálogo, em contraposição à apresentação pelos professores de definições e explicações prontas, seguindo a lógica apenas do pensamento docente. Desse modo, é possível desencadear um processo que envolve muito mais operar com os conteúdos do que armazená-los, com intenso investimento na linguagem. Isso implica a apropriação, ainda que incipiente, dos discursos da Ciência e da Química, visando a uma prática cidadã mais consciente e crítica. O trabalho nessa abordagem pode promover o estudo dos conceitos de forma interdisciplinar, em torno de pesquisas desenvolvidas a partir de questões propostas pelos próprios alunos.

Para contribuir com o seu trabalho, apresentamos, ao longo do texto, algumas proposições e exemplos de atividades para a sala de aula e para as pesquisas com os alunos. Entenda como um desafio colocar as ideias aqui discutidas em prática em suas salas de aula.

O que ensinar de Química nos anos iniciais?

O ensino da Química nos anos iniciais se qualifica na medida em que ocorre de modo integrado com outros conteúdos de Ciências, com avanços graduais dos conceitos ao longo dos anos. No estudo de Ciências, os conteúdos de Química, em integração com os de Física e de Biologia apresentam como destaque os conceitos de *substância* e de *transformação*, derivando-se, desses, outros conceitos, a partir das atividades planejadas.

A aproximação entre os conceitos e as atividades propostas pelos professores com os contextos dos alunos possibilita a melhor compreensão do mundo real e contribui para que possam intervir gradativamente nessa realidade na busca de uma vida com mais qualidade. Para tanto, é importante que os temas estudados e as atividades realizadas sejam derivados de vivências cotidianas, em torno da química que está presente na cozinha, nos automóveis e combustíveis, no lixo, na construção civil, no controle de incêndios, nas diversas profissões e nos serviços sociais, entre muitas outras possibilidades.

Por exemplo, propor uma atividade de dissolver sal de cozinha (cloreto de sódio) ou açúcar (sacarose) em água, no primeiro ou segundo ano do Ensino Fundamental, é modo de operar com o conceito

de substância, possibilitando aos alunos irem apropriando-se desse conceito pela prática. A partir disso, a professora pode ir integrando os alunos na linguagem da Química, ainda que sem pretender chegar a explicações que ainda não conseguiriam compreender neste momento e sem a preocupação em ter que expressar definições e explicações teóricas mais complexas. Propomos, ao longo de atividades desse tipo, utilizar termos como

substância cloreto de sódio ou sal de cozinha, *substância sacarose* ou açúcar, *água*, *misturas*, *dissolver*, entre outros. Desse modo, os alunos começam a utilizar conceitos da Química em suas falas, apropriando-se da cultura química, mesmo sem se darem conta disso.

No terceiro, quarto ou quinto anos, atividades mais sofisticadas podem ser propostas, envolvendo outros materiais utilizados na cozinha. Pode-se, por exemplo, *investigar a queima do gás para o cozimento dos alimentos*, explorando e operando com o conceito de *reação química*, com destaque para os reagentes e produtos, sempre dentro do nível de compreensão dos alunos. Assim, os alunos aprendem Química na medida em que aprendem a dominar a linguagem, em que esta se torna mais ampla e complexa, na interação com os outros, ampliando-se, conseqüentemente, a capacidade de compreender a realidade estudada: a inteligência.

Num outro exemplo, um conjunto de atividades pode ser organizado em torno da *substância água*. Em uma atividade inicial simples, como a decantação

Perguntando... Investigando...

- Qual a quantidade de sal que é possível dissolver em um litro de água? E de açúcar?

- Como recuperar o sal dissolvido? E o açúcar?

- A soma dos volumes da água e do sal é igual ao seu volume antes de misturados?

Observando a água...

- Colete água de enxurrada ou de um arroio num copo e deixe parada de um dia para o outro.

O que aconteceu? Por quê?

- Colete água de enxurrada ou de um arroio e passe por um filtro de papel. O que aconteceu? Compare o resultado anterior.

- A água ficou potável?

- Como torná-la potável?

da água de um arroio ou rio, termos como *substâncias*, *materiais*, *misturas* podem ser trabalhados e utilizados nas discussões. A observação e a análise com os alunos do depósito que se forma no fundo de um copo, após certo tempo podem levar ao questionamento sobre a procedência da água

que sai da torneira. Inúmeras outras atividades envolvendo a água podem ser realizadas, inclusive, culminando com uma visita a uma estação de tratamento de água. Para que essas atividades tornem-se significativas, propomos que os alunos e professor falem e escrevam sobre o que ocorre, utilizando termos da linguagem da Química, familiarizando-se com o discurso químico.

Nos exemplos apresentados, valoriza-se o movimento na transição entre o nível *macroscópico* (o que se pode ver a olho nu) e o *microscópico* (o que não se consegue ver a olho nu); entre a *prática* (agir, fazer, experimentar, observar, vivenciar etc.) e a *teoria* (concluir, definir, explicar, falar sobre etc.); entre o *simples* (estabelecer relações simples com poucos elementos) e o *complexo* (estabelecer relações mais complexas com muitos elementos); entre o *concreto* (o que é percebido pelos sentidos) e o *abstrato* (o que é pensado, imaginado ou que opera unicamente com ideias). O fato de utilizar a palavra substância numa aproximação ao sentido que a Química atribui a esse conceito já é operação de abstração, de introdução às teorias da Química. Fazer algo implica lidar com o concreto; falar e escrever sobre o que foi feito implicam o abstrato.

Transições necessárias para a aprendizagem

Nesse movimento também pode ser inserida, gradualmente, a representação química, especialmente os nomes de substâncias, além de fórmulas e símbolos. Os alunos, antes de ingressarem na escola, pela participação em conversas ou pelo efeito das mídias, são capazes de associar a palavra *água* à fórmula H_2O , compreendendo-as como modos diferentes de designar a mesma substância.

Ao examinarem os extintores da escola podem observar a representação química CO_2 , associando-a ao *gás carbônico*. Ao discutirem o ar atmosférico podem associar o gás oxigênio com a representação O_2 .

Ao realizar uma simples brincadeira com bolhas de sabão, pela adição de detergente neutro à água, a criança pode associá-la a uma das propriedades da água (de fazer espuma) e às propriedades dos gases exalados pela respiração do corpo humano, principalmente o gás carbônico. É também uma oportunidade de divertir-se enquanto aprende.

Mais do que partir do contexto em que vivem os alunos, o necessário para a aprendizagem significativa é partir das palavras que os alunos usam para expressar e representar esse contexto, isto é, as

palavras que conhecem, que expressam os conceitos e noções construídos. O que propomos é que problematizem o que já conseguem expressar e explicar. Desafiá-los a utilizarem palavras (conceitos) derivadas da Química, dentro de contextos mais amplos da Ciência, é tarefa dos professores.

Um conceito não se constrói numa única vez. Por isso, é preciso retomar os mesmos conceitos em diferentes momentos, em diferentes profundidades e complexidades ao longo dos anos. Na medida em que os alunos avançam em sua escolaridade, vão adicionando novos significados aos conceitos, dentro do seu nível de compreensão. Por exemplo, o conceito de metal é aprendido pelas crianças, quando passam a manusear pregos, brinquedos, moedas, colheres, garfos, facas, chaves, entre outros. Elas são capazes de falar sobre o brilho metálico (quando não são pintados), a sensação térmica (sensação de frio ou quente), o som característico (o tinir dos metais) e a sensação de ser pesado (denso). Também, desde cedo, ouvem falar de alumínio, ferro, cobre, chumbo, entre outros metais. Essas noções, que partem da vivência e do diálogo com adultos, são a base para a construção de novas compreensões cada vez mais complexas, com o auxílio dos professores.

Propomos outro exemplo: atividades sobre o lixo, abordando os materiais e substâncias que o compõem, podem ser propostas ao longo do primeiro até o quinto ano. Inicialmente, podem ser identificados pelas crianças alguns *materiais*, como o *vidro* e o *papel*, podendo destacar algumas *substâncias* como *metais* e *plásticos*. Em anos mais avançados, como o quarto ou o quinto, podem ser propostas atividades sobre o conceito de *reação* ou *transformação*, na forma de exame e pesquisa da decomposição do lixo, por meio da organização e investigação de uma compostagem. O lixo é exemplo típico de objeto de estudo para trabalhar a Química nas Ciências nos anos iniciais.

Observando “bolhas de sabão”...

- Misturar detergente neutro de cozinha, água e glicerina na proporção 2:2:1.

- Com arame, fazer uma argola de 5 a 10 cm de diâmetro.

- Solicitar aos alunos que mergulhem a argola na mistura e soprem suavemente.

- Solicitar que observem para onde vão as bolhas, que tamanho elas têm. Questionar sobre a sua forma e cor e o gás que elas contêm etc. Propor outros questionamentos e pesquisas para compreender a formação das “bolhas de sabão”.

Experimentando... investigando...

O que tem no lixo de casa?

Solicite que cada aluno observe o lixo produzido em sua casa por um dia e, após, reúna esses dados em sala de aula. Se possível, solicite que observem o volume e o que contém o lixo.

- O volume é igual para todos?
- Quais os materiais observados?
- Algum material poderia ser reutilizado?

A partir da sugestão de Recena (2008), propomos a *substância* e a *reação* ou *transformação* como conceitos básicos estruturadores a serem trabalhados nos anos iniciais. Para cada um deles, podem ser estabelecidas pontes com outros conceitos, tais como *metais*, *ácidos*, *combustíveis*, *reagentes*, *produtos*, de modo que o trabalho com esses ou-

tros conceitos é entendido como modo de complexificação dos conceitos básicos. Nesse sentido, os conceitos são estudados a partir da prática, pela pesquisa de exemplos, os quais partem do contexto dos alunos e buscam a apropriação da linguagem da Química.

Na apropriação dos conceitos básicos da Química, inserem-se, de forma natural, os nomes de substâncias comuns e, eventualmente, suas representações por meio de fórmulas, sem pretensões de introduzir teorizações complexas. Ler nomes e fórmulas de substâncias em bulas e em rótulos de medicamentos, alimentos e aditivos alimentares, é modo de aprender Química. Assim, os tipos de atividades sugeridos para a aprendizagem de conceitos da Química nos anos iniciais, tendo como ponto de partida aspectos macroscópicos e concretos, podem incluir também encaminhamentos em nível microscópico e de abstração de conceitos.

A dissolução de sal ou açúcar em água pode servir de exemplo do movimento entre macro e micro, além de constituir oportunidade de lidar com a explicação química. Dificilmente os alunos deixarão de questionar-se sobre o que aconteceu com o sal ou o açúcar que “desaparece” dentro da solução. Se for possível experimentar a água na qual foi adicionado um pouco de açúcar ou muito açúcar, o conceito de concentração estará presente. Isso também pode ser realizado com sucos coloridos, sendo oportuno associar concentrações com a tonalidade da cor e o sabor, que revelam intensidades e concentrações.

Combinando a atividade de dissolução do sal com outra atividade, deixando que o líquido evapore para deixar novamente visível a substância dissolvida, criam-se novas oportunidades de compreensão.

Na realização de atividades em que os alunos são convidados a sentirem o sabor de uma substância ou solução exige-se muito

cuidado do professor para que os alunos apenas façam testes sob orientação direta do professor.

As atividades voltadas para a apropriação de conceitos básicos de Química nos anos iniciais, tal como para os demais conceitos de Ciências, se mostram significativas quando contextualizadas, quando propostas dentro dos domínios conceituais já desenvolvidos pelos alunos. Daí a importância de aproximar os conteúdos trabalhados do cotidiano dos alunos e da linguagem que já dominam. No trabalho com a realidade concreta e vivenciada pelos alunos estão as possibilidades de negociação de novos significados para os conceitos, aproximando os significados daqueles propostos pela Ciência e pela Química.

Conforme Wells (2001), o conhecimento somente é de valor ao ser utilizado na solução de problemas, quando as soluções atingidas têm implicações para a vida real. Daí a importância de trabalhar conceitos de Química a partir de pesquisas em torno de problemas concretos, derivados da realidade dos alunos. Exemplos típicos são os que envolvem: o lixo e a química da cozinha; a química dos fertilizantes e dos agrotóxicos; e a química dos materiais de limpeza utilizados nas casas dos alunos, destacando a importância de usar sabão ou sabonete para lavar as mãos, principalmente antes das refeições. Propomos também tratar dos conceitos químicos presentes nos brinquedos, em geral feitos de madeira, plástico, borracha, metais e corantes. O fogo já está presente na vida dos alunos nesta faixa etária, podendo ser um foco de estudo a partir da observação da chama do fogão, junto à família, despertando também para os cuidados a serem tomados.

Conseguir compreender como se prepara a argamassa, seus componentes, suas proporções, e entender como ela endurece, possibilita trabalhar diversos conceitos da Química, inclusive os de *substância* e *reação*. Investigar o trabalho de uma enfermeira, as substâncias e medicamentos que utiliza, os efeitos e modos de utilização dos medicamentos, cuidados com asseio e limpeza, é modo de tomar contato com outra diversidade de palavras e conceitos da Química, no âmbito de uma aprendizagem integrada com outras áreas.

Quando um aluno é desafiado a pesquisar a Ciência/Química encontrada em um automóvel, ou mais diretamente no funcionamento do motor de um automóvel, estará se envolvendo em um tema que, geralmente, é de seu interesse. Ao mesmo tempo, estará fazendo uso e entrando em contato com uma diversidade de conceitos da Química, da Física, das Ciências. O mesmo ocorre quando se

propõem atividades em torno do vidro, materiais plásticos, pilhas, papel, sabões e detergentes, além de muitos outros com os quais os alunos têm um contato diário. Conforme sugestão de Marcelino Júnior (2008), trabalhos de reciclagem de papel, com produção de papel artesanal ou diferentes artefatos a partir de suas fibras, possibilitam a exploração de vários aspectos da Química.

Um ensino do tipo proposto, seja de Ciências, seja de Química, cria espaços para a emergência de uma escola democrática. Pelo domínio da palavra se constrói o domínio do mundo. Apropriar-se de novas linguagens, seja da Ciência, seja da Química, exerce uma função socializadora, propiciando uma participação mais ampliada nas transformações sociais. Desse modo, o ensino de Ciências se integra à prática de uma cidadania responsável e crítica.

Como ensinar Química nos anos iniciais?

Ao integrarem-se numa prática pedagógica com as características descritas, os professores assumem-se mediadores das aprendizagens dos alunos em suas aulas, pois entendem que não aprendem a partir de definições e explicações *dadas*, mas na interação com os outros, pela diferença de conhecimentos entre diferentes interlocutores. Aceitam que se aprende pelo envolvimento em atividades de natureza prática, especialmente de experimentação e pesquisa, atividades que integram saberes de diferentes áreas do conhecimento e em que os alunos são desafiados a procurarem respostas a perguntas, preferencialmente, elaboradas por eles. Nesse processo, os professores, mais do que *passar os conteúdos* ou *falar sobre os conteúdos*, estarão mediando as aprendizagens dos alunos em suas permanentes reconstruções.

Os significados e os conceitos são apropriados na medida em que os alunos operam com os discursos dos quais as palavras e os conceitos fazem parte. Os alunos somente conseguem compreender as explicações quando eles mesmos as formulam. Por isso, é importante superar a ideia de *dar aula*, de *passar os conteúdos aos alunos*.

É importante destacar que se aprende com os outros, a partir das diferenças de conhecimentos, os quais podem ser os autores de livros, os que se manifestam na Internet, as pessoas da comunidade ou da própria sala de aula. Quando interagimos com os outros, seja pela fala, seja pela leitura e escrita, podemos ampliar e tornar mais complexos os significados que associamos a determinados conceitos, a determinadas palavras. Entendemos que isso é aprender.

Desse modo, o envolvimento em pesquisas é modo preferencial de operar com o conhecimento científico e de possibilitar a ampliação e complexificação do significado dos conceitos. Ter uma pergunta importante a responder, ir à procura de respostas, reunir informações para construir respostas a serem propostas para crítica e discussão constituem modos de aprendizagem na interação com os outros e de apropriação do discurso e da cultura da Ciência e da Química.

Imaginemos uma pesquisa organizada em torno da pergunta: “O que de Ciências há no trabalho de uma cabeleireira?”. Se a professora pretender trabalhar alguns conceitos de Química a partir dessa pesquisa, poderá mediar as atividades no sentido de serem focalizadas questões como: Que substâncias são utilizadas no trabalho da cabeleireira? Que cuidados são necessários com as substâncias usadas? Que transformações ocorrem a partir das substâncias utilizadas? Nisso, muito provavelmente, as pesquisas chegarão às *substâncias água, álcool, acetona, água oxigenada*, entre muitas outras. Provavelmente, também se lidará com *misturas, soluções e concentrações*. Nas pesquisas poderão ser interlocutoras as próprias cabeleireiras. Pode-se fazer leituras, consultar rótulos, receituários e informações que acompanham materiais utilizados nessa atividade profissional. Nesse trabalho, os alunos poderão aprender a utilizar novas palavras, adicionando significados derivados da Química e, com isso, aprenderão mais sobre fenômenos que ocorrem ao seu redor, ampliando seu entendimento de mundo no contexto em que vivem.

O ensino por meio da pesquisa constitui modo de trabalho interdisciplinar amplamente sugerido para as atividades nos anos iniciais, pois, ao procurarem respostas a perguntas, os alunos estarão operando naturalmente com conceitos importantes das várias Ciências e da Química. Os conceitos de *substância* e de *transformação*, por exemplo, ao serem trabalhados também na perspectiva da Física, da Biologia e da Matemática possibilitam uma compreensão mais complexa dos mesmos.

Um dos modos de organizar o ensino, sugerido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997) é por meio de projetos. Correspondo a envolver os alunos em pesquisas, esses modos de trabalho podem ser incentivados desde os anos iniciais. Podem ser concebidos como atividades que iniciam com perguntas e terminam com possíveis respostas, envolvendo intensamente os alunos ao longo de todo o processo. Constituem modo de transformar as atividades práticas, seguidamente propostas em livros didáticos como mero ativismo e

sem reflexão, em efetivas atividades de experimentação e pesquisa, nas quais os alunos atuam com autonomia a partir de seus interesses. No envolvimento em projetos, os alunos não apenas operam com conceitos, mas vivenciam gradativamente os modos de funcionamento da Ciência, adquirindo competências típicas da cultura científica.



Figura 4: Como isto funciona?

Ao envolverem-se, por exemplo, num projeto coletivo sobre o funcionamento do automóvel, muitas perguntas podem ser propostas pelos alunos: Como o carro anda? Como funciona o motor? Quais são os diferentes combustíveis que os carros utilizam? Em que consistem os gases expelidos pelo motor dos automóveis? Por que os automóveis contribuem para a poluição do ar? Sobre isso, geralmente, os alunos fazem essas perguntas de forma mais simples, na linguagem que dominam. Cabe ao professor reelaborá-las com eles, o que já constitui aprendizagem para os alunos. A partir disso, as crianças se envolvem em pesquisas, tanto de consulta bibliográfica quanto de natureza empírica, consultando e entrevistando pessoas, na procura das respostas. Essas são comunicadas e discutidas coletivamente em classe, podendo, ainda, ser compartilhadas com a comunidade escolar.

Pesquisas e projetos possibilitam aos professores a efetiva mediação pedagógica. Por meio deles, os professores podem ensinar,

ouvindo; por eles, os alunos aprendem, falando e escrevendo. Pela escuta e acompanhamento dos trabalhos e iniciativas dos alunos, o professor consegue perceber os limites de conhecimento dos alunos e sugerir iniciativas para avançar para além do que já conhecem.

Aceitar esse tipo de proposta implica seguidamente para os professores *ensinar o que não sabem*. Quando são os alunos que elaboram perguntas, as quais vão procurar responder, podem surgir problemas, cujas respostas nem os professores conhecem. No entanto, como afirma Freire (1985), são essas as verdadeiras perguntas, exigindo do professor superar a insegurança de também ensinar o que ainda não sabe.

Por que ensinar esses conteúdos desse modo?

Ensinar os conteúdos químicos no âmbito do ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental, de modo válido e significativo, implica, portanto, um novo entendimento sobre como os alunos aprendem. Aprender é reconstruir o já conhecido, integrando novos significados aos conceitos e às palavras que a criança já domina. Ao assumir isso, os professores passam a compreender a importância da linguagem no processo de aprender, pela valorização da fala, da leitura, da escrita e da escuta. Pela fala e pela escrita, os alunos podem assumir-se autores e sujeitos de suas próprias ideias, reconstruindo-as, ao mesmo tempo em que são expressas.

Ao assumir que aprender é reconstruir o já conhecido, valoriza-se o conhecimento que os alunos já trazem para o contexto da sala de aula. Ao confrontar o seu conhecimento com o novo, num processo de negociação, a própria criança reconstrói as suas compreensões, tornando-as mais complexas, pelo acréscimo de significados derivados das Ciências e da Química. Não se trata de substituir o conhecimento existente pelo conhecimento da Ciência, mas modificar e enriquecer o que é conhecido pela interação com o conhecimento científico.

Aprender nessa perspectiva é ampliar o significado das palavras que já se sabe utilizar e incorporar novas palavras e, ao mesmo tempo, estender os mundos que as palavras descrevem e constituem. Assim, as atividades de aula, especialmente as pesquisas, constituem-se em construções conjuntas com negociação de significados (ALEMANY, 2000), por meio da fala, do diálogo e da discussão em sala de aula, acrescentando aos significados já expressos nas falas e na escrita dos alunos novos significados, especialmente derivados da Ciência. Assim, ensinar Química nos anos iniciais pode significar a inclusão

de significados provenientes da Química às palavras e conceitos já presentes na linguagem dos alunos. Muitos alunos já conhecem palavras como *ácidos*, *metais*, *vitaminas*, *gorduras*, *decomposição*, *oxigênio*, *plástico*, *vidro*, além de outros. O desafio para o professor é problematizar esses conceitos, aproximando-os de outros conceitos, com base no discurso da Química. Assim, possibilita-se sua reconstrução com ampliação de significados.

Quando os alunos falam e escrevem não apenas estão comunicando suas ideias, mas as estão reconstruindo. Conforme Levy (2004), nenhuma ideia passa pela fala e escrita sem transformar-se. Daí a importância, para as aprendizagens significativas, em incentivar, em sala de aula, a ação de falar, de escrever e de ler do aluno. Todas são formas de aprender, de incorporar novos significados às palavras com as quais os alunos operam e de ampliar o conjunto de palavras que já utilizam. Para isso, é importante que a ação do professor seja, preferencialmente, de incentivo à fala dos alunos, pois se aprende falando. Possibilitar aos alunos a manifestação pela fala é valorizar o conhecimento de partida dos mesmos. Quando os alunos falam sobre determinados temas, quando elaboram perguntas que lhes pareçam significativas, estão manifestando ao mesmo tempo o que conhecem, assim como os limites desse conhecimento.

Aprende-se Ciência falando Ciência. Aprende-se Química falando a linguagem da Química. Falar Ciências, entretanto, conforme Lemke (1997), não é apenas falar sobre a Ciência. Inclui observar, descobrir, comparar, classificar, analisar, discutir, formular hipóteses, teorizar, questionar, argumentar, planejar experimentos, avaliar, concluir. Falar Ciências é investigar e envolver-se na linguagem científica nas pesquisas.

A escrita também é modo preferencial de apropriação do discurso da Ciência e do discurso da Química. É escrevendo respostas a perguntas formuladas pelos alunos, que eles podem ir reconstruindo significados referentes aos conceitos científicos, movimentando-se de uma linguagem cotidiana para um discurso científico. Para aprendizagens relevantes com significado, é importante a associação entre



Figura 5: Medindo e registrando

leitura e escrita. Nos anos iniciais, particularmente, no escrever, incluem-se outros modos de representação de respostas às perguntas, como os desenhos, as dramatizações e as colagens, de acordo com as possibilidades dos alunos.

Você pode, por exemplo, desafiar seus alunos a elaborarem perguntas que gostariam de responder sobre o ar atmosférico, a poluição, o tempo e o clima. A análise e classificação das perguntas formuladas mostram os limites de conhecimento dos alunos, já que ninguém elabora uma pergunta sobre algo que nada conhece. O que está muito além do que o aluno conhece é impossível reconhecer como um problema seu, pois não tem nenhum sentido para ele (GARRET, 1995).

A partir disso, podem ser escolhidas algumas perguntas para serem respondidas. Ao longo da pesquisa surgirão muitas oportunidades de falar, de ler e de escrever, criando-se possibilidades de ampliar os conhecimentos existentes, inclusive conteúdos relacionados com a Química. Você pode, por exemplo, direcionar os trabalhos para que se inclua nas pesquisas a composição do ar, assim como algumas transformações (reações), nas quais as substâncias do ar se envolvem. O oxigênio do ar (O_2) e a formação da ferrugem podem ser abordados desta forma, retomando os conceitos de substância e reação. O mesmo pode ocorrer em relação à queima das substâncias, na qual o oxigênio é necessário, o que está intimamente relacionado à própria respiração humana e de muitos outros animais.

Pelo incentivo à fala e à escrita, os alunos são desafiados a manifestarem seus próprios pontos de vista sobre os mais diversos temas, o que promove a construção de competências argumentativas, por meio das quais aprendem a defender suas ideias e argumentos. Aprendem a negociar significados, incluindo cada vez mais em sua argumentação significados da Ciência, conforme sugerido por Teixeira (2004). Defende-se aqui ser isso uma prática de cidadania, com valorização da autoria e da autonomia dos sujeitos envolvidos.

Quando em sala de aula de Ciências se valoriza a linguagem e a argumentação, estão sendo criados espaços e condições para que os alunos mergulhem no discurso da Ciência e da Química. Aprender Ciências e Química é tornar-se capaz de interagir gradativamente com os cientistas e com os químicos. É saber utilizar de modo apropriado as palavras do discurso científico no dia a dia, saber movimentar-se de forma crítica no discurso da Ciência e da Química (MORAES; RAMOS; GALIAZZI, 2007).

Quando os alunos investigam, por exemplo, o serviço dos bombeiros, falando, lendo e escrevendo sobre ele, estão mergulhando no discurso da Ciência e da Química. Quando pesquisam, procurando respostas a perguntas como “Como a água apaga o fogo? O que são extintores? O que são materiais combustíveis? Qual o papel do oxigênio na combustão?”, estão envolvendo-se com o discurso da Química, aprendendo novas palavras e ampliando significados para as palavras que já conseguem utilizar. É desse modo que se apropriam do discurso da Química.

Assim, incluir o ensino da Química nos anos iniciais do Ensino Fundamental é possibilitar aos alunos irem se apropriando de uma nova cultura, a cultura científica, a cultura da Química. Reconstruir significados para palavras cotidianas sob a perspectiva da cultura química é possibilitar aos alunos a leitura do mundo de novas perspectivas, ampliando desta forma o mundo em que vivem (MORAES, 1998). Quando isso é feito em torno de problemas relevantes para os alunos e para os contextos em que vivem, as aprendizagens de Ciências e de Química tornam-se práticas de cidadania, com formação de sujeitos mais participativos e críticos.

Quais as implicações desses pressupostos para o uso dos livros didáticos de Ciências nos anos iniciais?

Pelo exposto até aqui, você deve estar se perguntando sobre o que fazer com o livro didático. Quais as limitações que os livros didáticos apresentam para o ensino e a aprendizagem, na perspectiva dos pressupostos apresentados neste texto? Como superar tais limitações? Como usar o livro didático de Ciências, contemplando esses pressupostos?

Uma das limitações mais evidentes relaciona-se aos questionamentos presentes nos livros. Em geral, há poucas perguntas no início das unidades e tratam muito mais de questionamentos que os professores fazem e sobre o que conhecem do que o que os alunos gostariam de fazer e de conhecer. Na perspectiva defendida neste texto, a ação de perguntar precede as demais atividades realizadas pelos alunos. Isso provoca a reflexão sobre a curiosidade e sobre a ação de espantar-se diante do mundo. Toda criança é capaz de espantar-se diante da atividade das formigas, do voo das aves ou de um avião, dos movimentos de uma minhoca, do comportamento da água líquida e do gelo, do fogo no queimador de um fogão. Certa



Figura 6: Por quê?

vez, numa aula, um aluno perguntou: “A água que os dinossauros bebiam é a mesma que bebemos hoje?”. Quanta Química, quanta Física, quanta Biologia tem nessa pergunta. Os livros didáticos respondem a perguntas como essa? Você está disponível para ouvir os alunos ou ler as suas perguntas?

Por isso, como afirmam Freire e Faundez (1985), a educação tem sido uma educação muito mais de respostas do que uma educação de perguntas, que é a “única educação criativa e apta a estimular a capacidade humana de assombrar-se, de responder ao seu assombro e resolver seus verdadeiros problemas essenciais, existenciais. E o próprio conhecimento.” (FREIRE; FAUNDEZ, 1985, p. 51).

“Perguntar é um convite à aventura, a uma viagem de descobrimento.” (ARNTZ, 2007, p. 3). Além de ter o significado de partir para uma nova aventura, perguntar abre a porta para o caos, para o desconhecido e para o imprevisível. “No momento em que fazemos uma pergunta cuja resposta desconhecemos, despertamos para todas as possibilidades.” (ARNTZ, 2007, p. 3).

Quando lemos um livro, essa leitura é muito mais agradável, estimulante e produtiva se temos perguntas, se temos dúvidas,

se estamos buscando algo ou, pelo menos, se essas perguntas vão sendo feitas ao longo da leitura. Ler sem indagações implica chegar a lugar nenhum. Por isso, ensinar e aprender a fazer perguntas tem muito mais importância do que as explicações discursivas do professor, que são uma espécie de respostas a perguntas que não foram feitas (FREIRE, 1996). E, em geral, o livro, nesse sentido, tem pacto com o professor. Caminham numa mesma direção. Como superar isso?

Uma guinada necessária consiste em o professor promover situações nas quais os alunos façam as suas perguntas, abertamente, livremente e, neste caso, o livro didático pode ser uma das fontes de busca de respostas com o seu auxílio e mediação.

Outra possibilidade é a proposição de perguntas pelos alunos a partir de situações apresentadas nos livros textos, tais como, ilustrações, textos, experimentos, curiosidades, dados históricos, entre outros. Neste caso, a proposta é que os alunos analisem o que for proposto e apresentem as suas perguntas, que revelarão a você os interesses deles e seus conhecimentos, base para as novas aprendizagens. Desse modo, tanto os saberes químicos, como os saberes das demais áreas podem transversalizar os questionamentos, as atividades, os estudos e reflexões, no sentido de superar fragmentações do conhecimento.

Outras limitações têm sido identificadas em certos livros didáticos, tais como a presença de erros conceituais, a descontextualização e a apresentação da Ciência como verdades estabelecidas numa perspectiva atemporal (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003). Os erros conceituais, que porventura ainda estejam presentes no livro didático, podem ser superados facilmente pelo questionamento do professor, problematizando os alunos, de modo que também aprendam a fazer a leitura crítica dos livros que leem e, evidentemente, esses erros necessitam ser esclarecidos.

A descontextualização pode ser superada na medida em que os alunos são envolvidos a partir dos seus problemas, das suas dúvidas, dos seus interesses, das suas perguntas. A ação de contextualizar está intimamente associada à ação de problematizar. E “problematizar a realidade é problematizar a realidade que cada um tem na cabeça: seus conhecimentos e saberes e identificar o seu não-conhecimento, as suas faltas” (RAMOS, 2008a, p. 71). Nesse sentido, “contextualizar não significa apenas ver o mundo, mas ver-se no mundo” (RAMOS, 2008b, p. 70).

A visão de Ciência, como verdades estabelecidas e inquestionáveis, também pode ser superada pela problematização, pelo diálogo e pela crítica que você pode promover com os alunos.

Essas considerações deixam evidente que, ainda que o livro didático apresente propostas de atividades e conteúdos a serem estudados, é você quem está no comando. Cabe, portanto, aos professores buscar formas de trabalho que contribuam efetivamente para aprendizagem dos alunos, sendo o livro didático apenas um dos ingredientes desse processo.

Considerações finais

Pretendeu-se neste texto apresentar alguns elementos para a sua reflexão sobre a inclusão da Química no ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Argumentou-se que isso pode ser feito focalizando de modo especial alguns conceitos básicos de Química, especialmente os conceitos de *substância* e *reação*, argumentando que aprender Química neste nível de ensino consiste em tornar-se capaz de utilizar algumas palavras de forma cada vez mais próxima do sentido dado pela Química, o que possibilita, gradativamente, interagir com a linguagem da Ciência e dos químicos. Ao assim proceder-se, são superados entendimentos de aprender que exigem que o professor transmita seus conhecimentos aos alunos e criam-se espaços de pesquisa nos quais os professores se arriscam a aprender com os alunos, ensinando o que não sabem.

Também foram apresentados alguns elementos para a sua reflexão sobre como o livro didático pode ser potencializado nas atividades de ensino e aprendizagem, com destaque para a problematização dos conhecimentos dos alunos e como fonte de consulta para as respostas às perguntas que integram essa problematização.

Referências

ALEMANY, I. G. Bases teóricas de una propuesta didáctica para favorecer la comunicación en el aula. In.: JORBA, J.; GÓMEZ, I.; PRAT, A. (Ed.). **Hablar y escribir para aprender**. Madrid: Síntesis, 2000. p. 19-27.

ARNTZ, Willian et al. **Quem somos nós?: a descoberta das infinitas possibilidades de alterar a realidade diária**. Rio de Janeiro: Prestígio Editorial, 2007.

- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: apresentação dos temas transversais, ética**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.
- FREIRE, Paulo; FAUNDEZ, Antonio. **Por uma pedagogia da pergunta**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- _____. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 36. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GARRET, R. M. Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias. **Alambique**. Didáctica de las ciencias experimentales, n. 5, p. 6-15, 1995.
- LEMKE, JAY L. **Aprender a hablar ciencia**. Barcelona: Paidós, 1997.
- LEVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. São Paulo: Editora 34, 2004.
- MARCELINO JÚNIOR. C. A. C. Abordagem química no ensino fundamental de Ciências. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 141-147.
- MATTA, M. H. R. Química, ciências naturais e interdisciplinaridade no ensino fundamental. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 159-162.
- MORAES, R. **Ciências para as séries iniciais e alfabetização**. Porto Alegre: Sagra Luzatto, 1998.
- MORAES, Roque; RAMOS, Maurivan Güntzel; GALIAZZI, Maria do Carmo. Aprender Química: promovendo excursões em discursos da Química. In: ZANON, Lenir Basso; MALDANER, Otávio Aloísio. **Fundamentos e propostas de Ensino de Química para a educação básica no Brasil**. Ijuí: Editora da Unijuí, 2007. p. 191-210.
- MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- RAMOS, Maurivan Güntzel. A importância da problematização no conhecer e no saber em Ciências. In: GALIAZZI, Maria do Carmo et al. **Aprender em rede na educação em ciências**. Ijuí: Editora da Unijuí, 2008a. p. 57-76.
- _____. A problematização necessária no ensino de Ciências e o livro didático. In: BORGES, Regina Maria Rabello et al. **Propostas interativas na educação científica e tecnológica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008b. p. 61-76.
- RECENA, M. C. P. Reflexões sobre a abordagem da Química nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. **Quanta Ciência há no Ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 169-172.
- TEIXEIRA, F. M. Atividades promotoras de argumentação nas séries iniciais: O que fazem os professores? ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS. **Anais...** Bauru, SP: UNESP, 2005. (CD-ROM).
- WELLS, Gordon. The case of dialogic inquiry. In: WELLS, Gordon. **Action, talk and text: learning and teaching through inquiry**. New York: Teachers College Press, 2001. p. 171-194.

Capítulo 4

O corpo da ciência, do ensino, do livro e do aluno

*Ana Maria de Oliveira Cunha**
*Denise de Freitas***
*Elenita Pinheiro de Queiroz Silva****

Introdução

No texto *O corpo, a aula, a disciplina, a Ciência*, Milton José de Almeida retrata, de forma exemplar, o que acontece muitas vezes nas situações em que nos propomos a ensinar sobre o corpo humano na Educação Básica:

[...] numa sala de aula, usando uma dessas reproduções do corpo humano onde se vêem artérias, veias, vasos, etc., o professor explica a algumas pessoas que às vezes conversam, prestam atenção, comem chocolate, viram para trás, falam alto, pedem para sair, chutam a da frente... o professor explica... a circulação do sangue. No esquema, a visão é fria, científica. Num corpo estático, o sangue é uma linha de tinta fixa. O professor diz que ele circula e, no entanto está tão parado... e os alunos tão agitados... na lousa a vida é um homem – circulação parada... na sala, os

* Universidade Federal de Uberlândia.

** Doutora em Educação. Universidade Federal de São Carlos.

***Doutora em Educação. Universidade Federal de Uberlândia.

alunos são homens... sangue e corpo fluem... agitam seus desejos, ódios, vontades, políticas. O professor quer que os alunos prestem atenção ao corpo parado, o professor exige para o entendimento do corpo no desenho exposto que as pessoas tenham a mesma atitude do desenho, paralisem-se numa pose gráfica, escutem palavras lineares. Enfim, a pretensão científica, o conhecimento-pedra da produção exige disciplina. A visão da Ciência pede identificação com a verdade proposta. As pessoas em aula devem realizar com seus corpos a metáfora do gráfico. (ALMEIDA, 1985).

O modo como o corpo está apresentado no livro didático segue o mesmo modelo.

É um corpo estático dividido, sem emoções, com o qual o aluno não se identifica. O corpo, verdade total, é separado em suas partes. A vida não é... a vida dá lugar às funções. Você não existe. Você é um corpo que funciona. Tática antiga, dividir para dominar. Cada parte do corpo assume a função do todo. A pessoa é composta de aparelhos, sistemas. Blocos fechados. Quando você beija alguém, você toca uma parte do aparelho digestivo?... bem, mas... não se beija em sala de aula... então eu posso falar de lábios, saliva, degustação, língua, ácidos, papilas... amores literários... sem emoção... cientificamente... O aluno não tem corpo, ele tem cabeça, tronco e membros, tem o sistema digestório... (ALMEIDA, 1985).

Na sala de aula, nem alunos nem professores se reconhecem nesse corpo frio, parado e dividido em partes, como o apresentado nas imagens do livro didático e fracionado ainda mais nos esquemas reproduzidos na lousa. Mas, que corpo é este? Alguns diriam que é o corpo da Biologia, uma vez que no contexto escolar está sempre representado em dicotomia à sua dimensão cultural. Entretanto nosso corpo não existe sem a herança biológica e cultural. Na escola, a forma como o corpo humano é ensinado mantém correlação com o seu entendimento na história da Ciência e da Filosofia. Desde Platão até Marx, passando por Descartes, Merleau-Ponty, Freud, Foucault, definir corpo tem sido uma tarefa bastante complexa. De Descartes tem-se a herança da concepção de um *corpo máquina*, uma mecânica

articulada comparada a um relógio e uma visão dualista do corpo *versus* mente. Com Freud, o corpo assume outra dimensão, quando se torna estrutura de desejo *para outro*. Para Merleau-Ponty, pensar o corpo humano como *máquina inteligente* é o mesmo que *ver sem perceber*. A máquina apenas funciona e os seres humanos vivem, sentem, choram... estruturam o seu mundo. As relações que estabelecem com o mundo constituem-se em um corpo. Portanto, o corpo é também resultante da emergência do organismo na cultura. Mais recentemente, Michel Foucault, com a *teoria do biopoder*, aponta outra reflexão sobre o corpo-máquina, em que o controle da sociedade sobre os indivíduos não se dá apenas pela ideologia, mas também no corpo e com o corpo num trabalho de produção e manipulação de desejos e afetos (NOVAES, 2003).

Na Ciência, a interferência de aspectos culturais na produção de conhecimentos científicos sobre reprodução humana foi bem evidenciada pela antropóloga estadunidense Emily Martin. Em seu livro *A mulher no corpo: uma análise cultural da reprodução*, Emily aponta o uso de estereótipos masculinos e femininos nas representações sobre as ações dos espermatozoides e do óvulo. No discurso biológico, a fisiologia do processo reprodutivo masculino é descrita de uma forma espetacular: “um macho humano normal pode produzir centenas de milhões de espermatozoides por dia”. As características do espermatozoide e do óvulo descrevem suas formas masculinas e femininas de comportar. Por exemplo, ao espermatozoide são dados os adjetivos, ativo, veloz, forte, com capacidade de penetrar no gameta feminino. Já o óvulo é caracterizado pela sua passividade e imobilidade (MARTIN, 2006).

A Ciência da escola e dos livros didáticos parecem não ter uma história, mas é a história e a cultura da escola que nos indicam que o corpo deveria ser apresentado dessa maneira: aos pedaços! Vamos entender um pouco mais essa história!

É preciso esclarecer que a ideia de corpo não é produzida pelas Ciências Naturais, apesar de as Ciências Naturais, na condição de disciplina escolar, necessitarem desta ideia para apresentar a ideia sobre a qual ela é responsável: o organismo.

As Ciências da escola, ao se apropriar e *imitar os métodos e as didáticas próprias às Ciências*, transportam para a escola e para as salas de aulas, como refere Santos (2005), *as especificidades e histórias que se contam sobre as Ciências*. Especificidades e histórias

[...] sobre como as Ciências de origem operam. [...] é preciso dizer que essa narrativa não guarda *nenhuma* relação direta com o que acontece no laboratório ou na prática de pesquisa, a não ser o fato de ser uma história que organiza e dá sentido aquilo que entende como Ciência (SANTOS, 2005, p. 230).

Assim, ressaltamos o lugar fundamental da linguagem na produção do que se entende como Ciência, e do que se entende como seu ensino (SANTOS, 2005, p. 230).

Desse modo, há na história, uma noção de Ciência que, reiteradamente, afirma que, para compreender o fenômeno da vida e a organização do organismo vivo é preciso dividir, fragmentar este organismo em sua menor parte para assim compreendê-lo. Paralelamente, a fragmentação e a compartimentalização também foram apropriadas para produzir uma noção de sujeito e de sociedade.

Com esse pressuposto, uma noção de corpo humano foi inventada e veiculada pelos livros didáticos e nas aulas de Ciências. Um corpo dividido, esfacelado. E o corpo biológico é apresentado como uma coleção de células que se organizam e formam tecidos que formam os órgãos, que por sua vez são organizados, formando os sistemas. E eles, em regra geral, são apresentados isolados uns dos outros. As pequenas e poucas frases, ou os pequenos fragmentos de textos que tentam articulá-los não são páreos para o conjunto de esquemas e imagens que os apresenta separados e autônomos.

São muitos os livros didáticos de Ciências em que, por exemplo, o coração é mostrado isolado em esquemas, fotografias. E assim o coração geralmente é apresentado como uma peça *maquínica*, que aparece como um simples objeto que pode ser destacado do corpo. Como ele não está apenas na aula de Ciências e na escola, podemos, professoras e alunos, ouvir num noticiário televisivo, em uma notícia da vizinhança ou em uma notícia numa revista exposta em uma banca que Fulano de tal aguarda, numa lista de espera, por seu *novo* coração, ou ainda, que Beltrano ficou por um curto período de tempo com um coração artificial. Coisificado ao extremo, na escola, na mídia, esse órgão tem um papel solitário e mecânico. Um coração diferente do coração da professora e de sua turma de crianças, não apenas o órgão propulsor do sangue. No ideário popular, o nosso coração, ah, o nosso coração *sente, ama, se entristece, dói de*

paixão pelo garoto ou pela garota do 5º ano. Este coração do livro de Ciências é frio, é estático, apesar de todo esforço que fazemos para dizer que ele pulsa!

O coração é um órgão que, mesmo estando na parte de *dentro* do corpo (a Ciência criou o dentro e o fora), ele pode ser sentido, percebido com o tato, com a audição. Ele é irreverente à nossa vontade e governa o corpo com seu ritmo. Mas o coração também assume lugar privilegiado nos contextos sociais e culturais. O coração em nossas sociedades é lugar próprio do afetivo-emocional, do movimento da vida, da esperança, do amor e da afeição pela outra pessoa. No entanto, o coração das Ciências não apresenta essa coexistência dos diferentes governos, do organismo e da pessoa.

Em uma conversa com um grupo de alunos sobre corpo¹, um deles afirma: “o corpo ensinado na escola desconsidera a pessoa que habita nele” (SILVA, 2009).

Outra perspectiva

Algumas coleções de livro didático exploram mais, outras menos, sobre o corpo humano. Umas, de forma mais descritiva; outras, de forma mais instigadora e interativa. De maneira geral, trabalham das partes para o todo: célula, tecidos, órgãos, sistemas e organismo. Do 2º ao 5º ano, respeitando-se o pensamento sincrético da criança que se apercebe do todo mais que das suas partes, o melhor seria inverter esta ordem, partindo do todo, o organismo, para as partes e chegando, ao final, à ideia de célula.

A apresentação do corpo humano de forma fragmentada, como é feita na maioria dos livros, não significa que devemos trabalhar desta forma. A fragmentação leva à dificuldade de compreensão para o aluno. O livro de Ciências faz esta divisão para efeito didático, mas ao ensinarmos esse assunto não podemos deixar o nosso aluno perder de vista que o corpo é um todo, formado por partes que trabalham sincronicamente, ou seja, em conjunto. Não se justifica trabalhar alguns sistemas em um ano sem relação nenhuma com o organismo de que faz parte.

¹ Essa conversa se deu entre um grupo de alunos de escola pública da rede estadual de Uberlândia e a professora Elenita Pinheiro de Queiroz Silva, como parte de atividade de sua pesquisa de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Uberlândia.

Ao ensinar sobre o corpo humano, nossa principal preocupação deve ser como tratar o corpo como um todo, propondo atividades isoladas? Nossa sugestão é que podemos nos deter em um dos sistemas – em determinada aula, por exemplo, o digestório –, mas é importante lembrarmos que este sistema está inserido no organismo, recordando aos alunos o processo todo, que contempla desde a ingestão dos alimentos, o processo da digestão na boca, o trajeto pela faringe, esôfago, estômago, intestino, onde o processo digestivo se completa. Deixar claro que a digestão tem uma parte mecânica, a trituração, que na boca é feita via mastigação, e uma parte química, que já começa na boca, continua no estômago e intestino, incluindo a transformação das substâncias por ação das enzimas digestivas². Algumas dessas enzimas são produzidas nas glândulas salivares, no pâncreas, no fígado e lançadas no tubo digestivo, e outras são produzidas no estômago e nos intestinos. Desta forma, as substâncias ingeridas na alimentação (proteínas, açúcares, gorduras) no processo digestivo são transformadas por ação mecânica (mastigação) e química (ação de enzimas digestivas) em substâncias formadas de moléculas menores (aminoácidos, glicose, frutose, galactose, ácidos graxos, glicerol). No intestino delgado, as substâncias são absorvidas e levadas pela circulação até as células, onde vão ser aproveitadas e, neste processo de aproveitamento, formam-se substâncias tóxicas e desnecessárias ao organismo, que serão eliminadas pelo sistema urinário, respiratório e pele (glândulas sudoríparas). Por exemplo, o oxigênio obtido do ar inspirado é levado até os pulmões e, desses, transportado pelo sangue até as células, onde vai reagir com a glicose, produzindo energia que as células utilizam para promover suas funções. A reação na célula entre a glicose e o oxigênio resulta em energia, que a célula utiliza para as suas funções, e gás carbônico, que é recolhido pelo sangue e levado até os pulmões para ser eliminado pela expiração.

No intestino delgado, são absorvidos os aminoácidos, produto final da digestão das proteínas, que são transportados pelo sangue até as células onde vão participar da formação de proteínas necessárias ao corpo ou são armazenadas. Como produtos finais do aproveitamento dos aminoácidos na célula, formam-se substâncias

² Substâncias químicas que interagem com os alimentos ingeridos, transformando-os em nutrientes que podem ser absorvidos principalmente pelas células da parede do intestino delgado e que são levados pelo sangue até as células do corpo. São produzidas em alguns órgãos, como o pâncreas, as glândulas salivares, o estômago e os intestinos. São específicas para cada tipo de alimento.

como a amônia, resíduo altamente tóxico que será coletado em nível celular e transportado pela circulação sanguínea até o fígado, onde reage com outras substâncias, formando a ureia, que é retirada do sangue pelos rins, órgão do sistema urinário, e, juntamente com a água, o ácido úrico e outras substâncias são transportados pelos dois ureteres, tubos que possuem paredes musculares, para a bexiga, sendo eliminados na forma de urina. Parte da ureia e do ácido úrico é eliminada na forma de suor pelas glândulas sudoríparas, presentes na pele. Algumas substâncias, como a água, os sais minerais e as vitaminas, não sofrem transformação e são absorvidas no intestino grosso, porção final do tubo digestivo.

Os materiais restantes, após a digestão e absorção dos alimentos digeridos, juntamente com água e bactérias, vão constituir matéria fecal, que, armazenada na parte final do intestino grosso, vai ser expelida na forma de fezes, pelo ânus, orifício na extremidade terminal do intestino.

Devemos, em nossas aulas, tratar o corpo humano como um organismo que funciona como um todo integrado. Vimos que a digestão, a circulação, a respiração e a excreção, que constituem as funções de nutrição, acontecem de forma sincrônica e não de forma independente. Todas essas funções são coordenadas pelo sistema nervoso, auxiliado pelo sistema hormonal. Todos os órgãos são supridos por artérias e veias do sistema circulatório e por nervos que, juntamente com o cérebro, cerebelo e medula, compõem o sistema nervoso, o qual coordena todas as atividades do corpo.

Os nutrientes absorvidos após a digestão são necessários às diferentes funções do organismo, como o crescimento, a reprodução e a locomoção. Para a locomoção e os movimentos, o sistema muscular e o ósseo agem de forma sincronizada. Os ossos, que, dentre as suas funções, garantem a sustentação do corpo, a proteção dos órgãos vitais (como o coração, pulmão e encéfalo), a produção de células sanguíneas e reserva de cálcio, são também os órgãos passivos da locomoção e dos movimentos. Os músculos, órgãos ativos da locomoção e movimentos, também não funcionam de forma independente. Eles têm nervos que reagem ao comando do sistema nervoso e, para as suas funções, necessitam das substâncias ingeridas pela alimentação e transformadas pelo sistema digestório, bem como do oxigênio extraído do ar pelos pulmões e levado até eles pela circulação sanguínea. Quaisquer movimentos do corpo, como respirar ou andar, ou movimentos mais ativos, como correr ou dançar, envolvem todos os sistemas do nosso organismo.

Os órgãos dos sentidos nos permitem perceber o aspecto, o cheiro, o gosto, a textura e a temperatura dos alimentos e possibilitam a integração do ser humano no ambiente. Não funcionam de forma isolada; por exemplo, o paladar e o olfato são dependentes um do outro e agem em conexão com o sistema nervoso, para perceber estímulos do ambiente e desencadear respostas, como aumento dos batimentos cardíacos e do fluxo do sangue, aumento da transpiração, contração dos músculos que levantam os pelos, aumento da atividade mental, aumento da força muscular. Todas as funções do organismo funcionam de forma integrada e são coordenadas pelo sistema nervoso.

Embora o livro didático traga os sistemas separados, devemos, em nossas aulas, a todo o momento, mostrar a sua inter-relação e integração. Podemos fazer isso, apresentando no início do tratamento de um tópico, a ideia geral do funcionamento do corpo. Em seguida, nos detemos em atividades que exploram a parte que queremos focar naquela aula, seja o sistema digestório, o respiratório, o urinário, o reprodutor, o nervoso, o hormonal, o cardiovascular, e para fechar a aula, voltamos sempre com a ideia do organismo como um todo integrado.

Para garantir a perpetuação da espécie temos o sistema reprodutor, cuja função depende da digestão, da circulação, da respiração e é coordenado pelo sistema hormonal.

Ao abordarmos o corpo humano, temas como a gravidez na adolescência, doenças sexualmente transmissíveis, boa alimentação, bons hábitos de vida, exercícios físicos, obesidade não podem ser negligenciados. Agressões ao corpo, como álcool, fumo e outras drogas, devem estar em nossas preocupações, bem como ensinar sobre hábitos simples e importantes, como escovar os dentes corretamente, lavar bem as mãos, limpar as unhas e outros hábitos de higiene pessoal e higiene mental, como evitar corroer-se em tristezas e mágoas.

Sugestões de atividades para o ensino do corpo humano

A integração desejada entre os vários sistemas deve ir além e buscar integração com outras áreas, estabelecendo relações interdisciplinares. A perspectiva interdisciplinar dos conteúdos pode ser desenvolvida em sala de aula em vários momentos do estudo do corpo humano. Por exemplo, para que os alunos entendam que

os fenômenos físicos (trituração dos alimentos) estão intimamente associados aos fenômenos químicos (quebra dos nutrientes em moléculas menores), podemos propor o desenvolvimento de um *experimento simples*, tendo em vista a seguinte questão: *Os fenômenos físicos facilitam os fenômenos químicos no metabolismo biológico?* É do senso comum o conhecimento de que certas substâncias, como o *leite* do mamão, o suco do abacaxi, têm a função de amaciar carnes. Pautado nestes saberes, podemos construir em sala de aula um experimento muito simples e que evidencia a ação de enzimas no metabolismo celular.

Como proceder

- Pegue dois recipientes de vidro (de preferência estreitos e longos como um tubo de ensaio);
- Separe dois pedaços de carne. Um cortado em cubos de 3 cm e outro picado como carne moída;
- Bata uma fatia de abacaxi no liquidificador e coe numa peneira;
- Coloque os pedaços de carne dentro dos dois tubos de vidro, de modo que um fique em pedaços maiores e outro com pedaços moídos;
- Coloque suco de abacaxi até cobrir toda a carne e espere alguns minutos.



Figura 7: Ilustração do experimento

Resultados

- Descreva o que acontece.
- Discussão
- Tente explicar o resultado a partir do que você observou.

É primordial que despertemos no aluno o interesse pelo assunto, fazendo com que ele saiba relacionar o conteúdo estudado ao seu cotidiano, já que o corpo humano, que é o objeto de estudo, está presente a todo o momento em sua vida.

Os livros mudam a denominação para as diversas atividades propostas, mas elas giram em torno de jogos e brincadeiras, experimentação, atividades práticas, discussões, trabalhos em grupo, pesquisas, observações, registros. Temos que oferecer, no meio de

tantas sugestões, um ensino ativo e divertido sobre a estrutura e funcionamento do nosso corpo.³

Para o ensino sobre o corpo humano, a utilização de brincadeiras, jogos corporais, desenhos, dramatizações, construção de textos e até mesmo a utilização de materiais mais desenvolvidos, como *softwares*, podem facilitar o desenvolvimento e uma melhor assimilação da anatomia, fisiologia e bem-estar corporal.

Seria desejável que desenvolvêssemos a capacidade de ilustrar nossas explicações no quadro de giz, com alguns esquemas que podem ser facilmente treinados, pois, muitas vezes, não contamos com recursos de multimídia para fazê-lo.

Não podemos perder de vista o que a criança precisa saber e, sobretudo, o que ela quer saber sobre o corpo humano, para organizarmos as situações de aprendizagem. Ao selecionarmos o que ela precisa saber, temos que ter em mente que muitas delas têm na escola a única possibilidade de se apropriar dos conhecimentos científicos universalmente produzidos, e que essa apropriação é um poderoso instrumento de conscientização política, social e cultural. Essa afirmação torna-se ainda mais verdadeira, no que diz respeito às crianças das classes menos favorecidas, alijadas do mundo da informação, possibilitado pela internet, ao qual têm acesso restrito (CUNHA; CICILLINI, 1986).

As atividades devem ser pensadas a partir das questões para as quais os alunos querem respostas, e não somente em torno das perguntas e respostas encontradas no livro didático. As aulas devem ser fomentadas pela discussão em torno de curiosidades cotidianas tais como: Por que arrotamos? Por que soluçamos? Por que soltamos gases? Por que bocejamos? Por que sentimos fome? Por que sentimos sono? Por que sentimos frio ou calor? Por que suamos? E outras que vão surgindo conforme o tratamento dos tópicos.

No caso da nutrição humana, é usual focalizar o estudo apenas na identificação dos órgãos que compõem o sistema digestório e no trajeto que as substâncias percorrem no interior do

³ A importância de promovermos um ensino lúdico é ressaltada no artigo *De corpo e alma: conversa ao pé do ouvido*, de Mônica Meyer, nesta coleção.

organismo. O processo de ingestão, transformação e absorção celular e de elaboração de nutrientes (síntese proteica) nem sequer é mencionado. Os mecanismos metabólicos da digestão, respiração e circulação são trabalhados de forma estanque e disciplinar.

Com a difusão do paradigma construtivista de ensino, e em decorrência do movimento das pesquisas na área de Educação em Ciências, a partir da década de 1980, pondo em evidência as concepções prévias dos alunos acerca dos conceitos científicos, tornou-se amplamente divulgado pelas políticas públicas de currículo e materiais didáticos a importância de se considerar essas concepções na aprendizagem escolar. Desta forma, tem sido colocado como desafio para o professor de Ciências não somente saber como realizar um levantamento daquilo que o aluno já sabe, ou seja, suas ideias prévias⁴, mas também como trabalhar a partir do conhecimento que os alunos trazem para a escola.

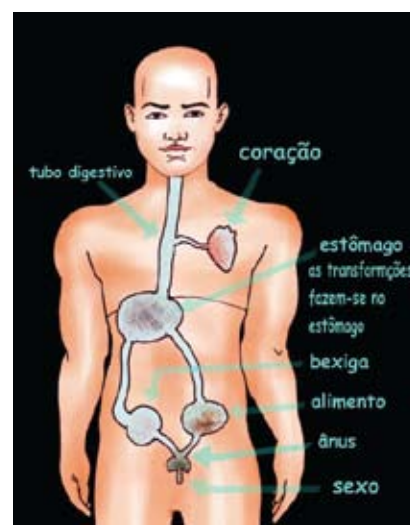
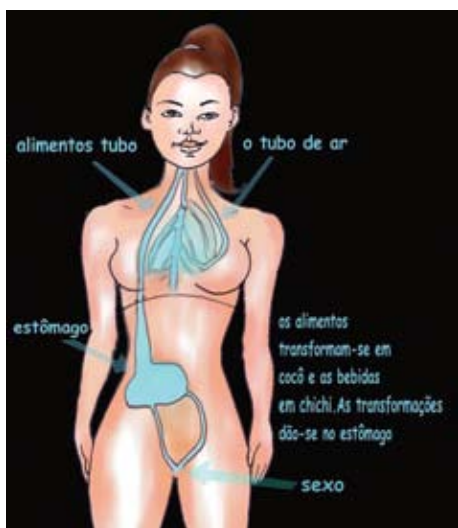
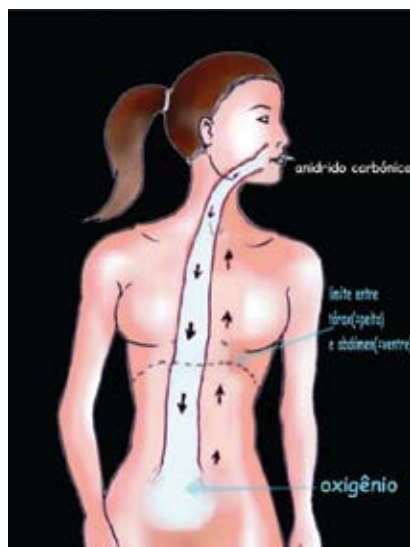
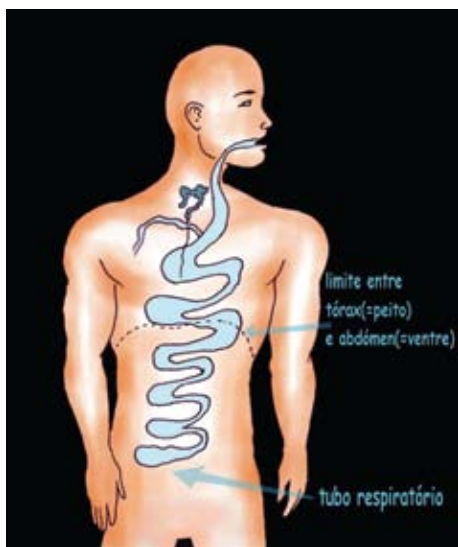
Nas séries iniciais, para o levantamento das concepções dos alunos, acerca da digestão e respiração, podemos adotar uma atividade muito simples, qual seja:

- Oferecer aos alunos um pedaço de pão e ir instigando com perguntas sobre o trajeto desse alimento no corpo.
- Uma variação da mesma atividade é pedir para os alunos desenharem a silhueta do seu corpo em papel pardo com a ajuda de um colega. Dar um pedaço de pão e um copo de água para os alunos comerem e beberem e depois solicitar que eles descrevam o trajeto desses alimentos no interior do corpo, instigados por perguntas como: onde o alimento sólido e líquido está agora? De que forma ele está? O que vai acontecer com ele daqui a duas e daqui a quatro horas?
- Explorar, da mesma forma, o caminho do ar pelo corpo.

Normalmente, as ideias dos alunos seguem um raciocínio muito parecido. É comum, por exemplo, elas interpretarem que o alimento sólido se transforma em fezes e o alimento líquido em urina e que, no interior do organismo, essas substâncias se separam quando chegam ao estômago.

Quando perguntamos aos alunos qual é a palavra que vem à mente quando se fala em digestão, a análise das respostas permite traçar a seguinte configuração:

⁴ Na literatura aparecem várias denominações para definir estas representações tais como: concepções errôneas, ideias prévias, concepções alternativas, concepções espontâneas etc., apresentando entre elas certas distinções conceptuais.



Figuras 8, 9, 10 e 11: Representações das ideias dos alunos a respeito do corpo humano

- O principal órgão associado à digestão é o estômago, seguido pelos intestinos, o esôfago, o fígado etc. O pâncreas e o ânus nunca são citados.
- Os verbos comumente utilizados pelas crianças são: engolir, consumir, mastigar, eliminar, esperar, assimilar etc.
- Usam como sinônimo de digestão as palavras: transformação, dissolução, desaparecimento, eliminação, decomposição etc.

A questão de nutrição humana não é somente uma questão biológica. Para compreender sobre os problemas físicos e mentais

decorrentes da alimentação, é necessário ir além da Ciência e da tecnologia de alimentos, por exemplo, conectando-as a aspectos sociais e culturais. Assim, não se pode deixar de lado o debate sobre os problemas alimentares gerados, quer pelo excesso – como, por exemplo, a obesidade em alguns países desenvolvidos – ou deficiência – como a desnutrição em países em desenvolvimento ou pobres. Nesse caso, o conhecimento da Ciência, englobando o funcionamento do sistema digestório e valor nutricional dos alimentos, deve manter relações estreitas com o conhecimento tecnológico (condições de produção de alimento) e a Sociedade (nossos hábitos alimentares e os de diferentes culturas, acesso à informação e ao alimento, condições econômicas da população). Ao encaminhar nosso ensino com essa preocupação, estamos abordando o tema dentro da perspectiva curricular CTS (Ciência, Tecnologia, Sociedade).

A abordagem, por meio da História da Ciência, também é desejável, uma vez que permite ao aluno analisar as formas de pensar e de proceder da Ciência. Vejamos o exemplo abaixo:

No século XVII duas idéias diferentes acerca da digestão disputavam o cenário das Ciências. Alguns médicos afirmavam que a digestão era um processo químico. Outros defendiam que a digestão era um fenômeno físico, em função da trituração dos alimentos na boca. No princípio desse século, René Reaumur (1683-1737), matemático, físico e químico francês, realizou os primeiros experimentos sobre a digestão utilizando aves. Em 1780, Spallanzani completou as suas observações utilizando outros experimentos. Os seus trabalhos confirmaram que os alimentos vão se transformando à medida que passam pelo tubo digestivo devido a um conjunto de fenômenos físicos e químicos. (SANTOS, 1988, p. 102).

Para que os alunos entendam que os fenômenos físicos (trituração dos alimentos) estão intimamente associados aos fenômenos químicos (quebra dos nutrientes em moléculas menores pela ação das enzimas), podemos propor uma pequena investigação a partir da pergunta: *A trituração do sonrisal acelera a reação química que acontece entre os componentes deste comprimido e a água?* Depois de explicarmos que, em uma reação química, alguns reagentes (substâncias que participam da reação) se convertem em uma nova substância, devemos pedir aos

alunos que planejem um experimento para responderem à pergunta apresentada. Esta aula pode ser utilizada para ensinarmos os alunos a elaborarem um relatório de uma aula prática experimental, o qual deve conter o problema (pergunta), o resultado que se espera (hipótese), o material que será utilizado, o procedimento a ser seguido, o resultado observado, a análise do resultado e a conclusão.

Outros experimentos que podem ser desenvolvidos com as crianças dos anos iniciais são: sobre a composição dos ossos; a identificação do amido; o gás carbônico como produto da respiração; a presença da água nos alimentos. A orientação para a condução desses experimentos pode ser facilmente encontrada nas coleções de livros didáticos, lembrando que os experimentos, muitas vezes, são complexos, necessitando serem muito bem selecionados.

Diversificando nossas atividades, uma proposta de pesquisa que podemos propor aos nossos alunos é a investigação sobre a altura dos alunos da sala. Depois de orientar a coleta de dados, chamando a atenção para critérios de medida, introduzir a construção e leitura de gráficos, bem como a divulgação dos resultados, como parte da atividade científica. As crianças são curiosas e investigadoras e este tipo de atividade geralmente as agrada bastante.

Outras atividades aqui sugeridas são orientadas na maioria das coleções de livros didáticos e são de simples execução; algumas delas também sugeridas por Mônica Meyer⁵:

- Autorretrato – Observar-se frente a um espelho e descrever como se percebe. Atividade interessante para discutir como é o corpo por fora.
- Álbum de fotos – Orientar a construção de um álbum com fotos de várias fases da vida do aluno. O professor pode tirar proveito dessa atividade para suscitar discussões sobre o crescimento e o desenvolvimento do corpo.
- Exploração e conscientização do corpo – Atividades de tocar e sentir o corpo possibilitam à criança perceber que se fala do corpo dela.
- Montagem de um esqueleto, com os ossos confeccionados em cartolina – Como brincadeira, conhecer o nome de alguns ossos e músculos agrada muito aos alunos.
- Confecção de órgãos e sistemas, utilizando massa de modelar – Além de trabalhar aspectos da anatomia, desenvolve a criatividade e o senso artístico do aluno.

⁵ Veja o artigo de MEYER, Mônica, *De corpo e alma: conversa ao pé do ouvido*, nesta coleção.

- Exploração e conhecimento do mundo – O uso dos sentidos pode ser explorado em várias atividades, como, por exemplo, a ligação entre o olfato e o paladar.
- Construção de um pulmão com garrafa pet – Essa montagem permite principalmente mostrar o papel do diafragma na respiração. O professor deve estar atento às limitações da utilização de modelos no ensino.

Podemos fazer uso dos paradidáticos para enriquecer nossas aulas de Ciências. Sobre o corpo humano, existem inúmeras propostas nas diversas coleções, as quais também podem ser buscadas na internet. O professor pode ainda organizar na sua escola um banco de recursos de multimídia. Como uma sugestão, indicamos: *A Aventura do Corpo Humano* – CD-ROM – À descoberta de si mesmo. Porto Editora. ISBN: 978-972-0-61315-8. Este material é aconselhado para a faixa etária dos 6 aos 12 anos.

Considerações finais

Atuando nos primeiros anos do Ensino Fundamental, somos docentes polivalentes, responsáveis por ministrar várias disciplinas, às vezes, todas do ano que lecionamos. Tivemos nossa formação inicial em instituições de ensino médio ou em instituições de ensino superior onde cursamos Pedagogia ou Curso Normal Superior. Fizemos bons cursos, mas pouco estudamos sobre Biologia, Química, Astronomia, Geologia e Física. É natural que tenhamos dificuldades em ministrar o conteúdo de Ciências, mas, de maneira geral, estudar sobre o corpo humano muito nos agrada e aos nossos alunos também.

O livro didático, bem estruturado, sana em parte esta lacuna em nossa formação, ao apresentar, no manual do professor, um bom embasamento nos conteúdos específicos e pedagógicos, mas que não são ainda suficientes para sanar as deficiências de nossa formação inicial. Esse material, produzido cada vez com mais cuidado, ajuda-nos no preparo das aulas, mas, paralelamente à sua correta exploração, frequentar cursos de qualificação, aperfeiçoamento e atualização torna-se imprescindível, pois a quantidade de novas informações produzidas é muito grande, tanto no campo científico como tecnológico e pedagógico.

A consulta a várias coleções, mesmo que tenhamos optado por uma delas, é essencial para o preparo de nossas aulas, como também é necessário termos em mente que ensinamos sobre corpo para

corpos e almas, vivos e vibrantes, e que somos corpos ensinantes, lecionando para corpos aprendizes.

Nosso discurso, ao longo deste texto, passou pela defesa da aprendizagem como processo ativo, da importância da contextualização, da vinculação ao cotidiano, da valorização dos conhecimentos prévios do aluno, de se levar em conta as questões ligadas à diversidade cultural, da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade, da atualização de conhecimentos pelo professor (FREITAS, 2008). Especialmente, insistiu na importância de abordar o corpo como um organismo e não como uma máquina perfeita constituída de partes que funcionam de forma independente. Reforçamos, ao longo do texto, que devemos ter sempre em mente que o corpo do livro é o corpo do aluno.

Tratamos, no artigo, do corpo biológico, mas não podemos esquecer que esse mesmo corpo é um corpo produtor de cultura, um corpo que interage com o ambiente, com outros corpos humanos e com outros corpos animais. Se quisermos mostrar, em nossa aula, o que tem a ver o corpo humano, a qualidade de vida, a saúde, o lazer, a felicidade, o respeito à natureza, a cultura, não podemos resumir nosso ensino a noções apresentadas numa lousa fria.

Referências

- ALMEIDA, Milton. José. O corpo, a aula, a disciplina, a Ciência. **Educação e Sociedade**, n. 21, 1985.
- CUNHA, Ana Maria de Oliveira; CICILINNI, Graça Aparecida. Considerações sobre o ensino de Ciências para a escola fundamental. In: VEIGA, I. P. A., CARDOSO, M. H. F. **Escola Fundamental: Currículo e ensino**. Campinas: Papirus, 1991. p. 201-216.
- FREITAS, D. A perspectiva curricular Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de Ciências. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. **Quanta ciência há no ensino de Ciências**. São Carlos: EdUFSCar, 2008. p. 229-237.
- MARTIN, Emily. **A Mulher no corpo: uma análise cultural da reprodução**. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.
- NOVAES, Adauto (Org.). **A Ciência manipula o corpo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
- SANTOS, Luís Henrique Sacchi. Incorporando “outras” representações culturais de corpo na sala de aula. In: OLIVEIRA, Daisy Lara (Org). **Ciências nas salas de aula**. 5. ed. Porto Alegre: Mediação, 2005. (Cadernos: Educação Básica, 2).
- SANTOS, M-E; PENEDA, D. G. de A. **A vida, a ciência e os homens**. 3. ed. Lisboa: Texto Editora, 1988.
- SILVA, Elenita Pinheiro de Queiroz. **O corpo nas práticas e produções curriculares do ensino de Biologia no nível médio**. 2009. Tese (Doutorado) - PPGED/Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. Em elaboração.

Capítulo 5

De corpo e alma: conversa ao pé do ouvido

*Mônica Meyer**

Este texto tem por objetivo trazer contribuições para a compreensão do corpo humano, a partir de alguns aspectos socioculturais que se manifestam no dia a dia da comunidade. Ir além de uma concepção biológica, sistêmica e funcionalista significa incorporar a dimensão humana e lúdica ausente na maioria dos livros didáticos. O corpo vivencia situações, registra e memoriza fatos, conta histórias, experimenta, brinca, sente e aprende¹.

Introdução

O corpo possui uma plasticidade múltipla revelada em gestos, expressões, sentimentos e carinhos. O dinamismo dos aspectos biológicos se manifesta constantemente ao longo da vida e fica mais evidente nas fases de crescimento. Uma série de exercícios físicos, resultado de diferentes tipos de trabalho, também transforma o corpo e pode trazer mais ou menos saúde às pessoas. Para o professor, a posição em pé por longas horas e o uso contínuo da voz acarretam problemas como varizes, calos nas pregas vocais, cansaço físico e mental. Para o aluno, a postura inadequada na carteira e o peso da mochila afetam a coluna vertebral.

* Doutora em Ciências Sociais. Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.

¹ Veja, nesta coleção, os textos de Virginia Torres Schall, de Marsílvio Gonçalves Pereira e de Ana Cunha, Denise Freitas e Elenita, que dialogam também com essas ideias.

Estudar o corpo humano é fundamental para conhecer a si próprio, aprender a ler e entender o corpo e sua interação com o ambiente, buscar interpretar situações que possam trazer uma melhor qualidade coletiva de vida. O aprender não pode ser um aprisionamento que gera sofrimento e opressão, nem chato, que leva a um afastamento da alegria de aprender. O aprendizado requer liberdade, interesse, satisfação, encantamento com a descoberta do conhecimento.

Quando o menino e a menina vão para a escola, o corpo e uma bagagem de vivências e saberes, aprendidos no cotidiano e, sobretudo, no brincar, vão junto. As percepções, informações e conhecimento sobre o próprio corpo e o corpo do outro não desaparecem ao ingressar na escola. As crianças carregam inúmeros registros e memórias corporais, além de cadernos, livros, agendas, estojos e mochilas.

Os meios de comunicação exploram demasiadamente a sensualidade e eroticidade através de imagens impregnadas de valores e ideologias, mas na escola o corpo representado foge completamente aos modelos da sociedade. Além de esquartejado, morto, sem sensualidade, vontade, desejo, imaginação, o corpo não brinca. Será que, para estudar Ciências, tem que matar o corpo?

De um modo geral, o estudo do corpo nos livros didáticos não fascina os estudantes. Eles se queixam com frequência do número excessivo de termos novos, da memorização enfadonha, dos conteúdos afastados dos seus interesses, de uma abordagem que privilegia as doenças em detrimento de hábitos e práticas saudáveis, de ilustrações mutiladas e sem proporção de tamanho. Um corpo completamente estranho, sem laços de identidade e sem significado².

Considerando que as brincadeiras são linguagens universais e criam laços de proximidade, envolvem o corpo e a imaginação e proporcionam um aprender divertido, este texto busca compreender o olhar da criança sobre si mesma e repensar a educação. E para compreender o olhar da criança é necessário entender que *brincar é a sua maneira de pensar*. Francisco Marques, brincante conhecido como Chico dos Bonecos, diz que

² Veja o artigo de MEYER, Mônica; VARGAS, Cláudia; MINTZ, Vânia. O corpo humano no livro didático ou de como o corpo didático deixou de ser humano. **Educação em Revista**: Revista da Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, n. 8, p. 12-18, 1988.

Quando nos perguntamos “como a criança aprende?”, tropeçamos na linguagem da criança: o Brincar. Para nós, adultos, Brincar é sinônimo de “lazer”, “passatempo”, “coisa de fim de semana”, “falta do que fazer”. Para a criança, entretanto, Brincar é uma questão de... Sobrevivência. Isso mesmo: sobrevivência. Porque Brincar é o instrumento que a criança utiliza para interpretar a vida e interferir no mundo.. Para a criança, Brincar é a sua maneira de Pensar. Para a criança, Brincadeira e Pensamento formam uma unidade indissolúvel, inquebrantável.

A partir da pergunta “como a criança aprende?”, a pergunta “como ensinar?” ganha um sentido profundo... Quando a criança brinca, no fundo, no fundo, o que ela está realizando? A criança brinca com uma pedrinha, um graveto, com as próprias mãos, as palavras, as canções, a escada de maracá, o jabolô... Brincando, a criança está, o tempo inteiro, e inteira no tempo, investigando, experimentando, explorando. Estes três temperos – explorar, experimentar, investigar – formam a base da Construção do Conhecimento. O Brincar, portanto, está no eixo da nossa proposta pedagógica, na raiz filosófica da nossa educação.³

Repensar o ensino de Ciências significa temperar as aulas com o explorar, o experimentar e o investigar, animando os meninos e meninas a se expressarem e representarem o corpo, por fora e por dentro, sem a preocupação de estruturar os conteúdos formalmente em sistemas.

Os livros escolares transformaram o corpo humano em corpo didático

A abordagem sistêmica do corpo humano enfatiza a concepção funcionalista, reduzindo-o a um modelo aparentemente didático⁴. Os conteúdos apresentam-se fragmentados, com ênfase na fisiologia e morfologia dos órgãos. As ilustrações, ao reproduzirem os sistemas

³ Veja o site de Francisco Marques, Chico dos Bonecos, especificamente *Conviver, brincar, aprender, ensinar*, em: <http://www.editorapeiropolis.com.br/atores/chicobonecos/>.

⁴ Veja, nesta coleção, o texto *O corpo da ciência, do ensino, do livro e do aluno*, de Ana Maria de Oliveira Cunha, Denise de Freitas e Elenita Pinheiro de Queiroz Silva.

desmembrados e os órgãos fora de escala de tamanho, favorecem uma representação falsa e artificial que não ajudam os alunos na compreensão do corpo.

Em geral, o corpo humano representado não tem rosto, sobrancelha, olhos, cílios, nariz, lábios, orelha, bochecha, cabelo, pelos, unha, mão, umbigo, pé, virilha, bumbum e seios, uma vez que essas partes não são sequer mencionadas. E mais, não faz uso de sabonete, xampu, perfume, batom, esmalte e cremes para diversas finalidades. Um corpo estático que não requer cuidados e nem revela sentimentos e valores culturais. Enfim, um corpo mais morto do que vivo.

A abordagem sistêmica na maioria dos livros didáticos traduz essa ideia de corpo que não se transforma – não cresce e nem envelhece. Um corpo autônomo, único, sem diferenças raciais e culturais. Um corpo sem vaidade, sentimentos e prazer. Um corpo sem história e sem memória! O estudo do corpo perdeu identidade e significado para a maioria dos estudantes. O corpo passou a ser um corpo estranho.

Para evitar esse estranhamento, atividades de percepção, interpretação e compreensão do corpo humano são fundamentais nas primeiras séries do ensino fundamental (do 1º ao 5º ano). Ao adotar como referência o corpo dos alunos e alunas, há o incentivo para se conhecer e estudar um corpo vivo que precisa de atenção, cuidados, diversão e carinhos.

À medida que os alunos vão dizendo o que precisam para viver e como cuidam do corpo diariamente, como comer, respirar, beber água, fazer xixi, cocô, soltar pum, brincar, descansar, dormir, sonhar, sorrir, ser feliz..., as perguntas, interesses e dúvidas emergem e podem ser desdobradas em outras, o que permite uma abordagem dinâmica. Deixá-los falar sobre as doenças que tiveram, vacinas que tomaram, machucados, cicatrizes e outros sinais... Incentivar a expressão das ideias, sentimentos, imaginação, sonhos e desejos. Que histórias contam? Do que gostam e não gostam? O que chateia e dá alegria e prazer?

O corpo polissêmico

Na linguagem é possível listar vários verbetes com a palavra corpo: corpo estranho, corpo celeste, corpo docente, corpo de assistentes, corpo discente, corpo de bombeiros, corpo de guarda, corpo

de infantaria, corpo fúnebre, corpo presente, corpo de Cristo, corpo diplomático, corpo de baile, corpo caloso, corpo cavernoso, corpinho, corpúsculo, corporação, corpaço, corpanzil, corpete, corpeada, incorpar, tomar corpo...

Ao começar esse *corpo a corpo* com os alunos, o professor estimula a turma a deixar de fazer *corpo mole* e entrar *de corpo e alma* no estudo e compreensão da *corporalidade*. As palavras e os significados são expressões vivas da língua pátria⁵. E se não fosse a língua, a conversa ia ser muda. Então, o jeito é dar com a *língua nos dentes*.

A língua é mais do que um órgão musculoso.

A maioria dos livros didáticos reduz a língua a *um órgão musculoso cuja função é empurrar o bolo alimentar* ou *órgão dos sentidos para degustação doce, azedo, salgado e amargo*. A língua contém papilas gustativas (fungiformes, circunvaladas, filiformes, foliáceas – não precisa decorar estes nomes!) para detectar o paladar salgado, doce, azedo e amargo com precisão científica, como se os alimentos se separassem em pedacinhos dirigindo-se cada um para uma papila específica para identificar o sabor. O texto sem contexto limita a língua ao paladar. Na hora da refeição, entre receitas de tradição, a língua saboreia finas iguarias. E os beijos desejados e experimentados passam despercebidos, mas apenas no livro...

A língua fala

A língua didática ficou muda e não há menção que através dela surgem monólogos e diálogos. A língua comunica, expressa ideias, valores, gostos e sentimentos. Difícil encontrar um livro que reconhece que a língua tem como função *falar*. E como falamos! Português, espanhol, inglês, alemão, dinamarquês, japonês, russo, árabe, híndi, francês... quantas palavras se articulam com a vibração do som. A língua gira e se posiciona em pontos diferentes da boca para emissão de diferentes fonemas e caretas...

Na linguagem popular, a língua faz uso de vários animais para qualificar ou desqualificar os seres humanos: gato, pantera, tigrão, coelhinha, maritaca, papagaio, cascavel, piranha, veado, burra, besta, porco. Estes elogios e xingamentos fazem menção explícita a questões de corporalidade, como sensualidade, sexualidade, inteligência,

⁵ Veja, nesta coleção, o texto de André Ferrer Martins, *Palavras, Textos & Contextos*.

higiene e atitudes. Segundo Edmund Leach (1983), o insulto animal é um tabu simultaneamente comportamental e linguístico, social e psicológico. Ele se manifesta justamente na brecha entre o dito e o não dito, sendo preenchido com ambiguidade que se torna tabu.

Tabu sobre o corpo humano é o que mais existe. Vale à pena levantar entre os alunos quais os tabus conhecidos e conversar sobre o assunto. Mais uma vez, os animais voltam em cena por eufemismo obsceno, designando partes do corpo humano consideradas tabus⁶. Para a genitália masculina valem metaforicamente peru, pomba-rola, pintinho, ganso. Para a feminina adota perereca, aranha. Ainda na linguagem popular, partes do corpo são renomeadas: baço em passarinha, estômago e vísceras em bucho, nádegas em bumbum, padaria, poupança, almofada...

A língua é múltipla, estala, assovia, dobra e redobra, mexe em várias direções, faz careta e mil sinais. Com sensualidade e afeto, a língua roça, beija e faz carinhos. Ao pé do ouvido conta segredos e faz confidências (a terminologia científica trocou ouvido por orelha, mas ao pé do ouvido continua sendo mais poético). A língua se transforma e é reinventada, carrega *piercing* e bодоques. Mas não é só a língua que fala...

O corpo fala

Expressões, como *tirar o corpo fora* e *só pensa no seu umbigo*, circulam de boca em boca. A primeira – *tirar o corpo fora* – significa que a pessoa não se envolve; na hora H, do apoio, cai fora e não ajuda. A segunda expressão – *só pensa no seu umbigo* – é adotada para caracterizar uma pessoa egocêntrica, egoísta, como se ela fosse o centro do mundo. Ambas as expressões caem, como uma luva, neste texto. De um modo geral, autores e ilustradores de livros didáticos em *corporação* transformam a *corporalidade* em *corpo estranho*. O corpo seccionado em partes, esquartejado e imobilizado perdeu o seu *corpus*. A identidade e a vitalidade desapareceram e o corpo retratado perdeu o fio da história.

O estudo descontextualizado dos sistemas suprimiu as perguntas, a manifestação das dúvidas, o interesse pela observação, escuta, busca, interpretação, conhecimento, compreensão. Naturalmente,

⁶ Ver Concepções de natureza. In: MEYER, Mônica. **Ser-tão Natureza**: a natureza em Guimarães Rosa. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

todos os sistemas interagem e põem o corpo para funcionar, mas a visão funcionalista encobriu valores subjetivos e relevantes que dão contorno e sentido ao corpo de cada um. Ao adotar a linha, *pensar no seu umbigo* pode ganhar outro significado que seja estimular a percepção corporal.

Sinais do corpo - umbigos e umbigadas

Das coleções de livros didáticos apresentadas ao PNLD 2010, nenhuma abordou o umbigo ou, se o fez, reduziu-o ao cordão umbilical, fase da reprodução humana. Será que os autores nunca conversaram com seu umbigo? E aqueles fiapinhos de tecido depositados no buraquinho do umbigo, hein?⁷ Quem cuidou, quando caiu, onde guardou? Tantas histórias de umbigo...

O umbigo tem sua origem no latim – “*umbilicu*: cicatriz no meio do ventre, originada pelo corte do cordão umbilical” (FERREIRA, 1986, p. 1.736). Esta cicatriz no meio do ventre é sinal de nascimento, hereditariedade, união sexual, vínculo materno, de mamífero. Caso alguém diga “*deixei o umbigo no Brasil*”, quer dizer: “sou brasileiro”, natural daquele lugar.

Consultar o número de vocábulos, expressões e símbolos sobre umbigo enriquece o vocabulário e mostra a pluralidade de significados: umbigueira (bicheira no umbigo dos bezerros recém-nascidos); umbilicado (semelhante a umbigo, provido de umbigo); umbílico (bastão munido de conchas, no qual se enrolavam antigos papiros); umbigo de laranja-da-baia (formação mais desenvolvida que se nota no centro e na base de certos frutos).

Nas brincadeiras de roda, o umbigo também faz parte da diversão. *Dar uma umbigada* é uma brincadeira de origem dos escravos bantos, que permite que o dançarino solista dê com o umbigo na pessoa ou nas pessoas que vão substituí-lo na roda. A ludicidade, muitas vezes, está ausente dos conteúdos programáticos, separando o aprender do brincar. De um modo geral, a brincadeira se restringe ao horário de educação física e ao recreio, momentos que os alunos mais gostam na escola. A incorporação de jogos, danças, músicas, encenações transforma o ambiente das salas de aulas.

⁷ A origem dos fiapos de tecido que se acumulam no umbigo virou uma pesquisa. Mais de 4.800 pessoas foram ouvidas. Veja o site <<http://www.humornaciencia.com.br/pesquisas/fiapos-umbigo.htm>>.

Interessante observar que, universalmente, o umbigo, denominado de onfalo, é o símbolo do centro do mundo. Um número muito grande de tradições considera o umbigo como a origem do mundo (CHEVALIER; GHEERBRANT, 1991). Através do umbigo, centro físico e espiritual, podem ser iniciados os trabalhos de observação e análise do corpo humano – a origem da vida. História de cada um contada e recontada, como nasceram, peso, altura, amamentação... Momento de conversa familiar, de resgatar fotografias, memórias e histórias. E, através dessa (in)formalidade, construir a árvore da vida, nomeando as relações de parentesco. A identificação das semelhanças e diferenças fenotípicas entre os parentes ajuda a entender a transmissão de caracteres genéticos (herança) e a perpetuação da espécie⁸.

“Quem tem mais orelhas: todo mundo ou ninguém?”
(Chico dos Bonecos)

Somos iguais e diferentes

Contornar o corpo, com giz no chão ou com canetinha em uma folha de papel, modelar com massinhas, favorecem outras maneiras de leitura corporal. A *veia* artística, ao desabrochar a imaginação, recria o corpo em diferentes situações, principalmente aquelas preferidas pelos alunos. Encorajar os jovens a se expressarem abre novas perspectivas de manifestação de outras linguagens e abordagens sobre o corpo. Desenhos, modelagens e fotografias exercitam a observação, o olhar, e revelam também a singularidade do indivíduo. Uma pluralidade de combinações genéticas traduz as diferenças fenotípicas. Somos da mesma espécie, iguais e diferentes.

A quantidade de 46 cromossomos determina a espécie *Homo sapiens*. Caso o número de cromossomos seja superior a 46, o indivíduo apresenta características peculiares, como, por exemplo, a Síndrome de Down. Os portadores de Down, por terem trissomia no cromossomo 21, têm 47 cromossomos e um fenótipo muito semelhante entre si. Entretanto, cada indivíduo é singular.

A diversidade cultural demonstra que as pessoas e grupos inventam o seu próprio corpo. Diferentes percepções e desejos se

⁸ Veja, nesta coleção, o texto *Transformar a evolução*, de Maria Luiza Gastal.

materializam em hábitos e cuidados peculiares. Cabelos, unhas, barbas, tatuagens e pinturas corporais ganham notoriedade e expressam o corpo subjetivo. Será que bisa Bia e bisa Bel têm a mesma relação com o corpo?⁹

Entrelaçar a Biologia com outras áreas da Ciência cria oportunidades para entender como a percepção, interpretação e conhecimento do corpo humano foram se modificando no tempo e no espaço. Como os corpos de homens e mulheres se transformaram através do trabalho, da religião e da cultura?

A compreensão do corpo humano vivo, social e cultural adquire sentido, identidade e relevância, quando relacionado ao ambiente. Desta forma, os conteúdos programáticos, ao serem contextualizados, possibilitam um aprendizado sobre o corpo e estimulam atitudes e ações no aluno para cuidar de si, interagir melhor com o outro, cuidar do lugar em que mora, cuidar da qualidade do alimento, cuidar da água que consome, cuidar da destinação de dejetos e resíduos, cuidar da qualidade do ar que respira, cuidar da qualidade ambiental para que todos os seres vivos possam usufruir a vida saudavelmente.

Para finalizar esta conversa, segue uma relação de outras atividades, brincadeiras e jogos em que o corpo *está na berlinda integrado ao ambiente*.

- Memória do corpo. As marcas e sinais contam diferentes histórias genéticas, brincadeiras, acidentes, saúde, violência e agressões, entre outras alegres e tristes. Há ainda a memória postural em que os músculos e os ossos denunciam como o corpo se remodela através de hábitos de postura, de expressão de emoções, de carregar mochilas, de trabalho.
- Observação no espelho, fazer um autorretrato, contorno corporal por inteiro e moldes de mão, pé, confecção de máscaras. Aproveite para explorar as cores, formas, volumes, tamanhos e texturas.

⁹ **Bisa Bia e Bisa Bel** é o nome do livro de Ana Maria Machado que conta a história de três gerações – avó, mãe e filha. Ver: MACHADO, Ana Maria. **Bisa Bia e Bisa Bel**. Rio de Janeiro: Salamandra, 1985.

- Percepção corporal e expressão através de gestos e palavras. Sentir o ritmo do coração através da pulsação em diferentes situações¹⁰.
- Percepção dos sentidos. Os cheiros, sons, cores, texturas, formas e tamanhos traduzem diferentes informações do ambiente e colocam o corpo em alerta. A percepção desses sentidos só é possível através de estímulos. Sendo assim, atividades e brincadeiras de percepção precisam estar relacionadas com a natureza física dos estímulos¹¹.
- Brincadeiras de estátua, passa-anel, cabra-cega, rodas e cirandas, corre cutia, macaco disse.
- Músicas. Há uma variedade de músicas folclóricas e populares que abordam o corpo. Cabeça, ombro, perna e pé... Maria não lava o pé, não lava porque não quer... Cabelo, cabeleira, cabeludo... Explorar a musicalidade e os sons do corpo é uma atividade rica que, além de divertida, estimula a concentração e expressão de outras linguagens.
- Exercitar a escuta corporal, a compreensão e expressão das emoções e sentimentos. Atividades de contar histórias vividas pelos alunos, familiares e amigos.
- Arte. A dimensão artística do corpo (retratada na pintura, escultura, literatura e fotografia) cria oportunidade de refletir sobre a mudança da percepção corporal. A história da arte oferece vários exemplos, em diferentes épocas, que retratam o corpo, como os renascentistas, impressionistas, modernistas. Exemplo: Leonardo da Vinci, Michelangelo, Botticelli, Picasso, Degas, Rodin, Camille Claudel, Dali, Gauguin, entre outros. Os artistas populares brasileiros dão grandes contribuições, através de pinturas, bonecos, cerâmicas e máscaras.

¹⁰ Veja MORAES (1992). O autor propõe atividades de medir e comparar alturas, temperaturas, ritmo respiratório, cardíaco.

¹¹ Veja BIZZO (1998). O autor aborda que os órgãos dos sentidos devem ser estudados em sua interação com a natureza física dos estímulos aos quais são sensíveis (p. 92). Veja também CIBOUL (2001). *Os cinco sentidos*. Um livro divertido que descreve os sentidos dos seres humanos e dos animais.

- Provérbios, ditados, trava-língua, adivinhas e literatura de cordel. Experimente criar trava-línguas e adivinhas que brincam com as palavras, como, por exemplo, Paralelepípedo. Pára, lê, revê, relê, repito. Paralelepípedo.
- Hábitos de higiene e vaidade: Conversar com os jovens sobre situações cotidianas de autoconhecimento e higiene corporal é fundamental. Os cuidados com o corpo podem gerar diferentes atividades de interesse para os alunos, como pesquisar sabonetes, xampus, perfumes, esmaltes, cremes.

Referências

- ARATANGY, Lidia Rosenberg. *Corpo: Limites e cuidados*. São Paulo: Ática, 2006.
- BIZZO, Nélio. *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo: Ática, 1998. (Palavra de Professor).
- CHEVALIER, Jean; GHEERBRANT, Alain. *Dicionário de Símbolos*. Rio de Janeiro: José Olympio, 1991.
- CIBOUL, Adèle. *Os cinco sentidos*. São Paulo: Moderna, 2001. (Criança Curiosa).
- CIÊNCIA Hoje na Escola. 3: Corpo Humano e Saúde. 5. ed. São Paulo: Global; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2003.
- CIÊNCIA Hoje na Escola. 2: Sexualidade: corpo, desejo e cultura. São Paulo: Global; Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2001.
- ENSINAR as ciências na escola: da educação infantil à quarta série. São Carlos: Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP, 2005.
- FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- FREIRE, Priscila. *Conversa de corpo*. Belo Horizonte: Miguilim; Brasília: INL, 1983.
- HOLLANDA, Hortensia Hurpia; MEYER, Monica et alli. *Saúde como compreensão de Vida*. Brasília: MS-DENS/MEC - PREMEN, 1977.
- HUAINIGG, Franz-Joseph. *Nós falamos com as mãos*. Tradução e adaptação de Samia Rios. São Paulo: Scipione, 2006.
- LEACH, Edmund Ronald. Aspectos antropológicos da linguagem: categorias animais e insulto verbal. In: *Antropologia*. São Paulo: Ática, 1983.
- MACHADO, Ana Maria. *Bisa Bia e Bisa Bel*. Rio de Janeiro: Salamandra, 1985.
- MARQUES, Francisco. *Galeio: antologia poética*. São Paulo: Peirópolis, 2004.

MARQUES, Francisco. *Muitos dedos: enredos: um rio de palavras deságua num mar de brinquedos*. São Paulo: Peirópolis, 2005.

MEYER, Mônica. *Ser-tão Natureza: a natureza em Guimarães Rosa*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

MEYER, Mônica; VARGAS, Cláudia; MINTZ, Vânia. O corpo humano no livro didático ou de como o corpo didático deixou de ser humano. *Educação em Revista: Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte*, n. 8, p. 12-18, 1988.

MORAES, Roque. *Ciências para as séries iniciais e alfabetização*. Porto Alegre: Sagra DC Luzzatto, 1992.

PRETTO, Nelson de Luca. *A ciência nos livros didáticos*. Campinas: Unicamp, 1985.

ZIRALDO. Coleção Corpim. Melhoramentos.

Capítulo 6

Vênus, brincadeira de roda e o fim do geocentrismo

*Fernando J. da Paixão**

Ouvindo que a Lua não cai sobre a Terra porque está andando rápido, ele pegou o seu colar, abriu, segurou num dos extremos, girou e disse: é assim. (Analogia feita por aluno de 4ª série de uma escola municipal de Mogi Guaçu, relatado por sua professora)

Centro e movimento

Você sabe observar um planeta? Você sabe o que é movimento para Física? Juntando as respostas de uma brincadeira de roda, um passeio de ônibus, observar Vênus, algumas conversas e produção de texto, o professor poderá mostrar aos seus alunos por que nem tudo gira em torno da Terra e assim demonstrar que o Geocentrismo era uma hipótese equivocada. Isto significou separar o que é o centro do que seja movimento.

O ano de 2009 foi escolhido para celebrar o ano internacional da Astronomia. O motivo é lembrar as primeiras observações do céu, feitas com um telescópio por Galileu, há 400 anos atrás. Estas observações ajudaram a mudar nossa concepção sobre o Universo de forma radical, pelas informações novas obtidas de fenômenos invisíveis a olho nu. Com o telescópio, Galileu observou a Lua, percebeu as cra-

* Doutor em Física. Professor do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas.

teras na sua superfície e que, de alguma forma, era semelhante à do nosso planeta Terra. Até então não se tinha observações do que fossem os corpos celestes. Mas foi o seu relato da observação de quatro luas girando em torno de Júpiter, que não podem ser vistas a olho nu, a evidência que torna inaceitável a concepção geocêntrica do Universo, onde tudo giraria em torno da Terra. Para superar várias concepções implícitas na explicação geocêntrica, Galileu estabeleceu o conceito de movimento, essencial para o surgimento das Leis de Newton.

Por sua importância, estas questões estão presentes nos tópicos de Ciências do Ensino Fundamental. Elas aparecem em tópicos como o Sistema Solar, em geral apresentado como a superação da visão geocêntrica do Universo e no conceito de movimento. Entretanto, na maioria esmagadora das vezes, estes tópicos são apresentados sem que o aluno tenha a menor oportunidade de confirmar qualquer das informações recebidas. Porque será que o Geocentrismo está equivocado?

Certamente, muito do conhecimento que é apresentado na escola foi obtido através de experiências e uso de conceitos que exigem aptidões muito acima daquelas já adquiridas pelo aluno. Entretanto, se isto é verdade para a maioria, é possível trabalhar alguns conceitos de forma rigorosa com os alunos das séries iniciais, em especial dos últimos anos. A investigação pode tornar o aprendizado mais rico e duradouro e a aula mais estimulante e divertida.

Neste texto, buscamos motivar a realização de atividades de observação, seguidas de conversas e produção de textos sobre as observações realizadas, para que os alunos possam compará-las com as dos seus colegas, fazer hipóteses e concluir sobre a validade de algumas informações apresentadas pelo livro-texto de Ciências. Tomando emprestado o que diz o Edital do PNLN 2010, trata-se de “ensinar ciências fazendo ciências”. Algumas atividades necessitam do envolvimento das famílias. É reconhecido que a participação delas melhora o aprendizado.

Para fazer isto é necessária uma cuidadosa escolha das atividades, de modo que os desafios sejam adequados para as crianças. Nós pretendemos mostrar que podemos desenvolver atividades simples e prazerosas que, se acompanhadas de discussões registradas em textos, podem tornar claro para todos que a Terra não é o centro do Universo, como se pensava no Geocentrismo. Estas observações também podem indicar que há bons motivos para supor que é a partir do Sol de onde podemos observar os planetas girando em torno dele. Claro que nós não podemos ir até o Sol, sob pena de

derretermos. Se você ler o texto *O Sol e as estrelas*, você encontra a explicação porque ele é tão quente. Entretanto, nós podemos utilizar a nossa imaginação que, ajudada pela Matemática e pelas analogias, poderá fazer isto por nós.

Para a concepção geocêntrica do Universo, tudo girava em torno de nós, o planeta Terra. O mais interessante e pouco divulgado é que havia várias evidências que apoiavam esta visão do mundo. Por incrível que pareça, observando apenas a olho nu a Lua, o Sol e as estrelas, o movimento que eles descrevem justifica o Geocentrismo. Entretanto, mesmo a olho nu, existem alguns corpos celestes, cinco ao todo, cujo movimento destoa dos demais: são os planetas. A descrição geocêntrica do universo, adequada para os demais, não era apropriada para os planetas. Foram eles que motivaram a superação desta hipótese.

Para mostrar que uma teoria científica não está correta, basta que você mostre que há um exemplo que a contradiga. Por isso, aprendendo a observar um planeta chamado Vênus e entendendo o que seja movimento para a Física, você poderá ter evidências que confrontam com a hipótese do Geocentrismo.

Por que Vênus

Nós podemos observar a olho nu, numa noite sem muitas nuvens, até cinco planetas do nosso Sistema Solar. São eles: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Dependendo da hora que você observar o céu, das condições meteorológicas, nuvens ou não, e de onde eles se encontrem em relação a nós naquele momento, você poderá observar os cinco ou nenhum. Por isto é bom ter algumas informações prévias para facilitar a observação.

Sugerimos observar Vênus, porque ele apresenta diversas vantagens que facilitam o seu reconhecimento e, portanto, a sua observação. É um objeto muito brilhante no céu e isto faz com que ele se destaque em relação aos seus vizinhos. Ao olhar para o céu e observar muitos corpos celestes brilhando, você saberá que é Vênus, comparando o seu brilho com os demais corpos celestes que surgem ao seu redor. Sendo o mais brilhante, isto torna mais fácil a sua identificação.

Outras vantagens são o horário e o local em que ele está visível. Para que as crianças possam observar Vênus algumas vezes durante o ano, isto não deve ocorrer muito tarde. As crianças devem dormir cedo. Durante alguns meses do ano, Vênus é visível logo após o Sol

se pôr, perto da hora do jantar, e noutros meses um pouco antes do nascer do Sol. Acordar algumas vezes antes de o Sol nascer para observar Vênus pode se tornar uma atividade ansiosamente esperada.

Finalmente, onde olhar para observar Vênus? Uma regra simples: olhe para onde o Sol nascerá ou onde se pôs, levante um pouco a vista e lá estará Vênus.



Figura 12: Ilustração do Sol com Vênus brilhando (no alto, à esquerda)

Ao mesmo tempo em que observamos Vênus, é necessário entender o que a Física chama de movimento. Com este conceito entendido, você poderá relacionar o movimento que Vênus faz no céu com o movimento observado de crianças num carrossel ou numa brincadeira de roda. Veja só, algumas observações de Vênus, um passeio de ônibus, um passeio de carrossel, uma brincadeira de roda, ou refletir e escrever sobre estas atividades pode nos levar à conclusão de que o Geocentrismo é um conceito equivocado.

Galileu e o que é movimento

O significado preciso das palavras é muito importante nas Ciências. Muitas vezes, as palavras utilizadas no dia a dia com diversos sentidos possuem um significado muito preciso nas Ciências. O texto *Palavras, Textos & Contextos* desta publicação discorre com precisão sobre este tema, definindo e exemplificando o uso das palavras na Ciência. Se nós queremos que as crianças saibam que nem tudo gira

em torno da Terra, é preciso entender o que a Física diz sobre o que é movimento. Tentaremos mostrar que entender este conceito está ao alcance de qualquer pessoa.

Para a Física, o movimento ocorre quando um objeto sai de um lugar para outro lugar em relação a quem observa. Veja que, por esta definição, o movimento tem uma propriedade interessante: ele depende de quem olha, observa, pois o lugar onde está depende de quem vê. Por isto, o movimento é uma propriedade relativa, ou seja, se duas pessoas observarem o mesmo objeto se movimentando, elas podem ter percepções distintas e isto não é um problema. Nós devemos o entendimento do que seja movimento a Galileu.

Para observar o movimento, utilizemos uma regra aproximada. Se você olhar um objeto durante algum tempo e não precisar sequer mexer com os seus olhos para continuar a vê-lo, ou este objeto está parado em relação a você ou quem sabe será necessário um microscópio para enxergar o movimento. Se, no entanto, você tiver que mover os olhos ou a sua cabeça para acompanhar o objeto, então ele se movimenta em relação a você. Esta regra falha em objetos pequenos como um ponteiro de um relógio, mas, para objetos grandes, ela serve para os nossos propósitos.

O conceito de movimento é muito simples. No entanto, deixam as pessoas surpresas ou desconfiadas. Será que é isto mesmo? Será tão simples assim ou será que eu não entendi direito? Para completar, há muitas afirmações, em livro, do tipo “é a Terra quem gira em torno do Sol”, sem identificar quem é o observador que percebe isto que deveria estar no Sol. Assim, as nossas inseguranças em relação a ideias ou conceitos novos nos deixam sempre com um pé atrás. Por isto, ajuda muito o nosso entendimento e segurança trabalhar alguns exemplos concretos.

Aproveitando um passeio de ônibus

Se você tiver a oportunidade de ir junto com seus alunos num passeio de ônibus, você poderá utilizar esta ocasião para trabalhar o conceito de movimento. Imagino que no ônibus todas as pessoas estarão sentadas, entre outras razões, por questão de segurança, caso ocorra um evento imprevisto e o motorista tiver necessidade de frear o veículo subitamente. Com as pessoas sentadas, o risco de alguém se machucar se reduz muito; com cinto de segurança, mais ainda.

Para você, que está sentado no ônibus, os seus alunos estão parados, cada um deles sentado na sua poltrona. Você pode olhar fixamente um aluno e ele pode até mexer, mas não sai da poltrona, e poderá observá-lo sem precisar mexer os olhos ou a cabeça. Entretanto, para você, as casas, os postes, e as pessoas que estão da rua, todos estão se movimentando. Aplicando a regra prática que falamos, você não conseguirá acompanhar uma casa, por exemplo, se não mexer os olhos e a sua cabeça.

Já para uma pessoa que esteja na rua, junto a um poste, ela verá você, os alunos e o ônibus se movimentando. Ela precisará mexer os seus olhos e a sua cabeça para continuar a observar o ônibus onde vocês estão. Já o poste, junto a ela, conseguirá observá-lo sem mexer a cabeça.

Aproveitando o passeio de ônibus, você poderá pedir que os alunos observem e, utilizando a regra prática da cabeça e dos olhos, digam o que para eles está em movimento ou o que está parado. Voltando do passeio, você poderá retomar o conceito de movimento em sala de aula, relembrando as observações. Em especial que, para você que está dentro do ônibus, as casas e os postes estão se movimentando. Faça estes questionamentos aos alunos e peça que eles escrevam as suas observações.



Figura 13: Observadores na rua e de dentro do ônibus

Indo a um parque de diversão

A ida a um parque de diversão pode ser uma atividade muito prazerosa e onde podemos também aprender nos divertindo junto. A atividade científica pode ser divertida e por isto sugerimos outra atividade, utilizando essa ida a um parque de diversão ou a um parquinho de uma praça que possua um carrossel. Observar as crianças

num carrossel pode nos ensinar como se demonstrou que nem tudo gira em torno da Terra. Assim, a pesquisa, buscando refutar o Geocentrismo, poderá se beneficiar de uma divertida ida a um parque de diversões ou ao parquinho de uma praça próxima.

Imagine que você já está de frente a um carrossel, cheio de crianças. O funcionamento dele é simples. Com ele parado, em relação a quem está fora, as crianças entram e, com elas sentadas, ele começa a girar durante algum tempo. Depois para, as crianças saltam e tudo se repete com um novo grupo até o parque fechar.

Veja que, de fora do carrossel, você pode acompanhar o movimento de uma criança com os seus olhos, no máximo movendo um pouco a sua cabeça, se você estiver a uma distância adequada. Se for um carrossel grande ele pode ter um anteparo no seu centro e, em algum momento, a criança que você observa desaparecerá da sua vista, quando ficar atrás do anteparo em relação a você. Mas logo volta a aparecer.

Imagine agora que o pessoal do parque deixasse outra pessoa ficar próximo ao centro do carrossel, como é que esta pessoa observaria a mesma criança? Veja que ela não conseguiria, como você, acompanhar o movimento de uma mesma criança, fazendo apenas pequenos movimentos com os olhos. Ela teria que girar a cabeça ou o corpo para continuar observando a mesma criança. Ou seja, se ela não se mexer, a criança ficaria atrás dela e ela não enxergaria. Segundo a nossa definição prática de movimento, cada uma das pessoas que observam tem uma percepção distinta do movimento da mesma criança. Isto ocorre por estarem em lugares distintos.

Veja que coisa curiosa: você e a pessoa no centro do carrossel estão paradas uma em relação à outra, observam a mesma criança; entretanto, o movimento dela parece diferente para cada um. Você, parado, distante, pode observar a criança apenas mexendo os olhos, enquanto o outro teria que virar o corpo.

Se for possível, faça uma parte das crianças observar, enquanto as outras giram no carrossel. Mude o lugar de observação: uma hora, a criança observa de fora do carrossel e, outra hora, a criança observa de dentro. A diferença das observações entre quem está dentro e fora deverá ser trabalhada na sala de aula. O objetivo é mostrar que, de dentro, você observa uma coisa; de fora, outra. Na volta à escola, será importante as crianças registrarem as suas observações num texto.

Brincando de roda

Não deu para ir ao parque, ou as crianças não puderam observar de dentro do carrossel, então faça uma brincadeira de roda com as crianças. Melhor, faça de qualquer modo esta brincadeira; as crianças irão aproveitar muito a repetição. Nesta brincadeira, as crianças dão as mãos umas às outras, formam um círculo e começam a andar. Novamente, coloque duas pessoas observando o movimento das crianças na roda. Uma distante delas, como no caso do carrossel, e a outra situada no meio da roda. A pessoa que está distante poderá observar a mesma criança da roda, tendo que, para isto, no máximo, mover os seus olhos. Enquanto isto, a pessoa que está no centro da roda, se quiser observar a mesma criança o tempo todo, deverá girar a cabeça ou mesmo o corpo para conseguir observar. Peça então para a criança, no centro, permanecer como a pessoa distante sem mover a cabeça. Ela deve escolher uma criança para observar e que, em algum momento, desaparecerá da vista. Perceba que tudo isto ocorre sem que os observadores se movimentem um em relação ao outro. Foi suficiente trocar de lugar.



Figura 14: Visão da criança fora da roda (vendo uma roda de crianças com uma delas parada no centro e olhando para a de fora) e a visão da criança que está dentro da roda

E o Geocentrismo?

Nos dois casos, tanto no carrossel como na roda, o observador que se encontra longe percebe um movimento diferente do observador no meio. A resposta é que isto ocorre porque a criança não gira em torno de quem está longe, mas sim em relação à pessoa que está no meio. Ela nunca irá passar nas costas da pessoa distante como fará em relação à pessoa que está no centro. Entendendo estas duas observações distintas sobre o movimento da mesma

criança, você poderá fazer observações no céu e entender porque o Geocentrismo estava errado.

Observando os planetas

Na época em que a hipótese do Geocentrismo foi contestada, quase não havia instrumentos além da visão do homem. Isto, de um lado, mostra a importância da descoberta do telescópio para a ampliação do conhecimento, mas também que muitas conclusões podem ser obtidas com observações feitas apenas a olho nu sem o auxílio de um telescópio.

Nós podemos observar a olho nu cinco planetas. São eles: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Como é que se descobriu que estes astros eram diferentes dos milhares de outros que observamos na ausência da luz do Sol?

A resposta é simples. Você deve observar o céu e identificar qualquer das constelações, conjunto de astros visualmente próximos. Se você observar periodicamente a mesma constelação, por exemplo, uma vez por semana, você irá perceber que ela se movimenta como um todo, mas as suas estrelas permanecem fixas umas em relação às outras. Foi este formato fixo que inspirou a humanidade a identificar essas constelações com nomes de animais ou objetos, inspirados pelo seu formato. Apenas para citar algumas: Cão Maior, Leão, Touro ou o Cruzeiro do Sul.

Um exemplo fácil de observar no Brasil são as estrelas que formam o Cruzeiro do Sul. Se você, por exemplo, observar numa noite, durante algum tempo – por exemplo, a cada hora –, verá todas elas mudarem juntas. Se você olhar na semana seguinte ou no mês seguinte, verá que o formato é o mesmo, mas a posição é diferente. Esta é uma observação que exige constância, mas não exige mais do que a sua visão e uma noite com poucas nuvens.



Figura 15: Ilustrações do Cruzeiro do Sul, espelhado verticalmente e invertido

Os planetas não seguem este comportamento. Você pode perceber que um corpo celeste é um planeta porque ele passeia entre as constelações, mas seguindo um caminho semelhante ao do Sol. Com o passar dos dias, a localização do planeta muda em relação aos demais corpos celestes.

Por que o Geocentrismo?

Por que se pensou que todos os objetos celestes giravam em torno da Terra, que ela seria o centro do Universo e estaria parada? A enorme maioria dos corpos celestes passa esta percepção. A começar do Sol, da Lua e finalmente das estrelas. Foram os planetas que permitiram suspeitar que isto não era verdade.

Observando Vênus

Sempre que podemos observar Vênus no céu, ele aparece um pouco depois de o Sol se pôr ou pouco antes de o Sol nascer. Como é um corpo muito brilhante e durante muitos dias aparece antes do Sol, ele é conhecido popularmente como a estrela da manhã. Mas, noutras épocas, ele também pode ser observado pouco depois do Sol se pôr. Para ajudar na sua observação, algumas informações. No ano de 2010, Vênus surgiu depois de o Sol se pôr no início de maio e surgirá depois de o Sol nascer em março do ano seguinte. Veja que este movimento de Vênus é semelhante a o que você observa na criança no carrossel: ora ela aparece à esquerda do centro do carrossel, ora ela aparece à direita do centro do carrossel. Vênus estaria logo acima ou logo abaixo do Sol. Esta observação é bem diferente da pessoa no meio do carrossel, alguém imaginariamente no Sol. Para completar, você gostaria de observar Vênus passar na frente do Sol e sumir atrás dele. Entretanto, observar o Sol diretamente pode danificar a sua vista de forma permanente, por isto não se deve olhar o Sol diretamente. Hoje, utilizando as máquinas fotográficas especiais é possível tirar fotos do Sol e observar Vênus passando na sua frente.

Galileu e a luneta

A observação de Galileu foi semelhante a esta. Ele construiu um telescópio a partir da descrição feita por viajantes que haviam conhecido esta invenção feita por holandeses. Com este telescópio

ele fez observações sobre a Lua e Júpiter. Ele aponta para Júpiter e percebe quatro objetos brilhantes que não eram visíveis a olho nu. O mais interessante é que, de vez em quando, alguns deles sumiam e depois voltavam a aparecer, como as crianças num carrossel, vistas por alguém de longe. Foi assim que ele percebeu que aqueles corpos celestes deveriam girar em torno de Júpiter e seriam satélites como a Lua é nosso satélite. Mas isto também mostra que nem tudo gira em torno da Terra.

O fim de uma teoria

Veja que, para derrubar uma hipótese científica, basta um único contra-exemplo. Se você conseguir mostrar que no céu há um movimento que contraria a hipótese do Geocentrismo, você demonstra que nem tudo gira em torno da Terra. Fazendo uma analogia entre o movimento de Vênus que surge pouco antes de o Sol nascer e a observação de crianças numa roda, poderemos mostrar que há uma evidência de que nem tudo gira em torno da Terra. Poderá supor que o Sol é o local em torno do qual este planeta gira. Isto tem a vantagem de apresentar como esta concepção foi superada e de ensinar como este conhecimento pode ser obtido. Você pode fazer isto trabalhando com os textos produzidos em cada uma das atividades. Observações, constância, debate, confronto entre hipóteses e as observações, se incorporadas na sala de aula, desenvolverão atitudes que serão úteis na formação do aluno e no seu aprendizado.

Envolva as famílias

Se você quiser que os alunos observem Vênus, você tem uma questão a resolver, os horários de observação, que são ou bem cedo ou ao anoitecer. Uma alternativa muito interessante é envolver as famílias nas atividades de observação. Observar algumas vezes antes de o Sol nascer e, noutra época, depois do Sol se pôr, pode ser feito com a ajuda da família. Pesquisas educacionais reconhecem a melhoria do aprendizado pelo envolvimento da família. Pode ser um tema de um encontro com os pais solicitar a colaboração para a atividade, se você resolver incluir esta sugestão de atividade. Sugira que os pais ajudem as crianças a observarem pelo menos duas vezes antes de o Sol nascer e duas vezes antes de o Sol se pôr. Faça as crianças escreverem sobre as observações com a família.

Quando observar Vênus

Antes de o Sol nascer	Depois de o Sol se pôr
Início em novembro de 2010 até meio de junho de 2011	Fim de maio até início de outubro de 2010
Meio de junho de 2012 até início de fevereiro de 2013	Fim de outubro de 2011 até final de abril de 2012

Conclusão

Podemos relacionar o surgimento de Vênus apenas pouco antes de o Sol nascer ou pouco depois de o Sol se pôr, com a observação de uma criança brincando de roda, vista de longe. Vênus não aparece, como ocorre com os outros planetas Marte, Júpiter ou Saturno, do lado oposto, quando o Sol se põe ou surge no céu. Por isto, é semelhante à visão do observador fora da roda, que vê a criança ora à esquerda e ora à direita do observador no meio da roda. Nós vemos Vênus pouco acima ou pouco abaixo do Sol. Por isto, Vênus não gira em torno de nós; isto sugere que pode ser em torno do Sol. Veja que não é uma questão de movimento, é de lugar. A razão porque é a partir do Sol que podemos observar todos os planetas girando em torno dele, nada tem a ver com o movimento; a causa é a sua massa. O Sol tem aproximadamente 99% da massa do Sistema Solar e é por isto que, visto dele, nós podemos observar todos os planetas girando em torno dele. Explicar isto seria outra história: a invenção das Leis de Newton.

Referências

1. Descoberta do telescópio, num texto de Renato Iã Casas. Disponível em: <<http://www.observatorio.ufmg.br/Pas87.htm>>.
2. As observações de Galileu em “O mensageiro das estrelas”, Ciência hoje. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/135954>>.
3. Um livro Astronomia e Astrofísica na rede. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/>>.
4. Física para crianças, descobrindo o ano. Disponível em: <<http://calendario.incubadora.fapesp.br/portal>>.
5. O Universo como laboratório. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/148347>>.
6. Foto de Vênus passando em frente do Sol. Disponível em: <<http://apod.nasa.gov/apod/ap040720.html>>.

Capítulo 7

Transformar a evolução

Maria Luiza Gastal*

Evoluir é melhorar?

Utilizamos o verbo “evoluir” muitas vezes e em inúmeros contextos, em nosso dia a dia. Dizemos que um aluno evoluiu ao longo do ano, quando sua aprendizagem correspondeu a nossas expectativas. Falamos em evolução da tecnologia, ao nos referirmos ao progresso tecnológico. Os amantes do futebol ficam de olho na evolução de seu time na tabela do campeonato. Para algumas religiões, a alma evoluiria para um nível superior em sucessivas reencarnações. Em todos esses contextos tão diferentes, evoluir evoca, em alguma medida, uma ideia de progresso, melhora, aperfeiçoamento. Mas será que este verbo carrega sempre esse significado?

O dicionário Houaiss lista as seguintes acepções para a palavra *evolução*:

1. ato, processo ou efeito de evoluir; 2. padrão formado, constituído ou simulado por uma série de movimentos, esp. de soldados, navios etc. que se dispõem em linha de batalha ou desfile militar (mais us. no pl.); manobra; 3. qualquer série de atos desenvolvidos contínua e regularmente, ger. completando um ciclo harmonioso (ex.: da ginasta, de uma

* Doutora em Ecologia. Professora do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

escola de samba); 4. movimento circular; giro, volta; 5. todo processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento de um saber, de uma ciência etc.; 6. produto de um conhecimento, de uma técnica, de um saber que se desenvolveu; 7. processo gradativo, progressivo de transformação, de mudança de estado ou condição; progresso; 8. movimento periódico de um astro em torno de um outro principal; revolução; (ex: dos planetas); 9. processo através do qual as espécies se modificam ao longo do tempo; 10. teoria segundo a qual as espécies se modificam ao longo do tempo graças à ação das mutações e da seleção natural; 11. processo de desenvolvimento natural, biológico e espiritual, discutido no pensamento de Spencer (1820-1903) ou de Bergson (1859-1941), em que toda a natureza, com seus seres vivos ou inanimados, se aperfeiçoa progressivamente, realizando novas capacidades, manifestações e potencialidades.

Note que a maior parte das acepções traz consigo uma noção de progresso. Mas, e as acepções que se aplicam à Biologia, também trazem essa característica? A resposta é um contundente NÃO. Em Biologia, evolução e progresso são coisas completamente separadas!!! De fato, as definições 9 e 10 não trazem consigo este significado. Então, o que é evolução em Biologia, e porque usamos uma palavra tão inapropriada para falar deste processo?

Na Biologia, quando falamos em evolução, estamos dizendo que uma espécie pode dar origem a outra espécie. Isso acontece, sobretudo, em virtude de um processo denominado *seleção natural*. Vamos conversar um pouco sobre evolução.

Darwin, Lamarck e a seleção natural

A ideia de seleção natural foi concebida no século XIX, de forma independente, por dois ingleses que não se conheciam pessoalmente: Charles Darwin (o mais famoso) e Alfred Wallace. Tanto Darwin quanto Wallace viajaram pelos trópicos, e ambos estiveram no Brasil. Ambos, também, ficaram impressionados com a enorme diversidade de plantas e animais que viviam nos ambientes tropicais. E os dois se perguntaram a mesma coisa: “como podem ter surgido tantas espécies, e por que a diversidade dos trópicos é tão superior à das

regiões temperadas?”. Havia, no século XIX, um intenso debate a respeito da origem dos seres vivos, com a maioria dos cientistas defendendo que elas teriam se originado por criação especial, por Deus. Vários outros, entretanto, defendiam que as espécies se originavam a partir de outras espécies, defendendo explicações chamadas à época de *transmutacionistas*, mas o mecanismo pelo qual isso ocorreria era objeto de muita controvérsia.

A originalidade de Darwin e Wallace não está na ideia de transmutação de espécies, já bastante difundida à época. O próprio avô de Darwin, Eras-

mus, era um transmutacionista, e via as espécies se transmutando, devido a uma força interna, desde as mais simples até as mais complexas. Essa ideia antiga de continuidade entre espécies levou, por exemplo, à concepção de um ser meio animal, meio planta; Erasmus Darwin dedicou um poema para o *borometz*.

A radical originalidade reside, sim, no mecanismo que propuseram: a seleção natural. É um mecanismo mecanicista, que não invoca qualquer forma de força especial (como as explicações de Chambers, Lamarck e Erasmus Darwin, por exemplo), e que significou uma ruptura radical na forma de visualizar a vida e a espécie humana.

Tal mecanismo se baseia no fato de que as espécies tendem a produzir muito mais prole do que o ambiente é capaz de suportar. Significa que os pequis produzem mais sementes do que as que se transformarão em pequizeiros adultos, gambás produzem mais filhotes do que os que chegarão à idade adulta, moscas produzem mais ovos do que os que se transformarão em futuras moscas. Essa é a regra da natureza. O que acontece com o excedente? Morre. Alguns dos que chegam à idade adulta também morrem ou não conseguem produzir prole. Darwin e Wallace propuseram que aqueles organismos que morrem ou não conseguem produzir



Figura 16: O lendário Borometz, meio animal, meio planta

prole tendem a ser os que estão menos adaptados ao ambiente onde vivem.

A ideia de crescimento diferenciado de populações e recursos havia sido concebida, com outra finalidade, pelo geógrafo Thomas Malthus, em 1803. Preocupado com o crescimento populacional das cidades inglesas, em plena Revolução Industrial, com o aumento do número de pobres, ele defendia um programa de controle de natalidade baseado em abstinência sexual, argumentando que, se deixadas à própria sorte, as populações humanas (mais especificamente os pobres...) tenderiam a se reproduzir e a aumentar em número de forma muito superior ao aumento dos recursos. Influenciados pela leitura de Malthus, Darwin e Wallace aplicaram a ideia de crescimento diferencial de populações e recursos a todos os seres vivos, criando uma explicação mecanicista para a grande diversidade de vida do planeta. Além disso, enfatizaram o aspecto da adaptação, que não havia sido pensado por Malthus – um conceito fundamental na teoria que estavam propondo.

Veja que a seleção natural *não é um processo aleatório*, e que o mesmo indivíduo pode ser muito bem adaptado a um ambiente, mas estar em desvantagem em outro. Pense num urso polar: ele está adaptado às condições geladas do Ártico, mas tem poucas chances de sobreviver em ambientes mais quentes. Daí haver se transformado no símbolo da ameaça do aquecimento global. Com o aquecimento das regiões árticas, a espécie passou a sofrer risco de extinção.

O mecanismo proposto por Darwin e Wallace pode ser resumido da seguinte forma:

1. As espécies apresentam uma grande variabilidade. Os organismos de uma mesma espécie diferem entre si em vários aspectos, com respeito a sua forma (morfologia), funcionamento (fisiologia) ou comportamento. Muitas dessas características são herdadas (passadas de uma geração a outra).
2. As espécies produzem mais descendentes do que o ambiente pode suportar. Não há alimentos nem abrigo para todos os organismos produzidos nos processos de reprodução sexual e assexuada.

Como resultado dos dois fatos acima enumerados, observamos que:

- a) sobrevivem menos organismos do que aqueles que são produzidos;

- b) os organismos capazes de se reproduzir são aqueles melhor adaptados para o ambiente onde se encontram;
- c) os organismos que sobrevivem possuem maior probabilidade de deixar descendentes que, por sua vez, possuem as características mais adaptadas ao ambiente onde vivem.

Portanto, a seleção natural favorece a sobrevivência e a reprodução dos organismos que possuem determinadas características. E essas características, como resultado da reprodução, tendem a se disseminar naquela espécie (cada vez mais organismos daquela espécie as possuem), por estarem presentes nos organismos que sobrevivem e se reproduzem.

Simples, não? Darwin e Wallace, entretanto, tinham um problema: eles não sabiam como ocorria a transmissão dessas características de uma geração para a outra. A explicação mais frequente, no século XIX, era a de que essa transmissão ocorria por transmissão direta da característica, mesmo que ela tivesse sido adquirida durante a vida do indivíduo. Você já ouviu falar disso, ao estudar a obra de Lamarck, naturalista que viveu na França cerca de um século antes de Darwin e que apresentou uma teoria que buscava explicar como as espécies se transformam. Costumamos chamar esse processo de “herança de caracteres adquiridos”, e tanto Lamarck quanto Darwin acreditavam que ela tinha um papel importante. Entretanto, Darwin acreditava que a seleção natural fosse o processo mais importante. Ao desconhecer o mecanismo da herança, Darwin não podia saber como surgiam as variações.

Hoje sabemos que a herança se dá por meio de material genético (DNA) transmitido nas células sexuais (os gametas), e que a herança de caracteres adquiridos não ocorre, pelo menos nos moldes imaginados no século XIX. São as alterações fortuitas na estrutura dos DNAs, as mutações que originam as variações sobre as quais atuará a seleção natural.

As dificuldades de se ensinar evolução: acaso, progresso e religião

O acaso na evolução

Perceba, então, que a evolução acontece por meio de um processo que depende do acaso (as mutações), mas não só dele. Uma das

dificuldades que os professores costumam encontrar, quando ensinam sobre a evolução darwinista, diz respeito justamente ao acaso.

Seria possível que órgãos e estruturas tão complexas e maravilhosas, como o olho humano ou o sistema nervoso surgissem por mera obra do acaso? É claro que não! E não foi isso o que propôs Darwin. O acaso produz as mutações, mas elas só permanecerão existindo se forem favoráveis aos organismos. Assim, o olho humano, como o conhecemos hoje, é resultado de incontáveis pequenas mutações que foram selecionadas porque davam a seus portadores a possibilidade de perceber melhor seu meio ambiente. Mas aconteceram ainda mais mutações desfavoráveis, que se perderam ao longo da história, porque não ofereceram vantagens a seus portadores.

Como assinala o paleontólogo Stephen Jay Gould (1990a, p. 84), “o darwinismo [...] é um processo em duas fases, sendo diferentes as forças responsáveis pela variação e direção”.

A variação se dá ao acaso, por mutação. Mas a direção é determinada pelo ambiente, por meio da seleção natural, que preserva as formas mais vantajosas naquele ambiente.

Darwin sempre teve em mente que o processo de mudança dos seres vivos dependia de que tivesse transcorrido um tempo muito longo, que permitisse ocorrer jogo de erros e acertos, e que não se devia exclusivamente ao acaso. De fato, a gestação da ideia de seleção natural ocorreu no contexto de um intenso debate que ocupou os geólogos do século XIX, a respeito da idade da Terra. Darwin, que teve nas leituras do geólogo Charles Lyell uma de suas mais importantes referências, defendia que nosso planeta era muito mais antigo do que diziam as Escrituras. O tempo geológico da evolução é medido em milhares, milhões e bilhões de anos.

Entretanto, por vezes, os textos didáticos colocam ênfase excessiva no acaso, o que faz os alunos duvidarem (e com razão!) de que um processo natural possa ter originado seres tão complexos. É ao professor, no diálogo com os estudantes, portanto, que caberá a tarefa de apontar a distinção entre as duas fases do processo evolutivo e suas diferentes funções no jogo da evolução, bem como o papel fundamental do tempo.

Mudança, progresso e extinção

Outra dificuldade, é claro, diz respeito à própria palavra *evolução*, como já assinalamos no início deste texto. Essa palavra é

ardilosa, e o próprio Darwin a evitou. Foi Spencer, um contemporâneo de Darwin, que introduziu este termo. Darwin preferia a expressão *descendência com modificação*, enquanto Spencer acreditava numa ideia de progresso na natureza. Estava errado. Na teoria darwinista, não cabe a ideia de progresso. Nenhum ser é melhor do que outro. Cada espécie é adaptada de forma diferente a suas condições de vida. E se as condições de vida mudam, todas podem ser levadas à extinção. É Gould (1999, p. 31), novamente, que nos traz uma bela imagem de como o processo de evolução biológica ocorre: “A vida não é uma escada em que o progresso se faz de forma previsível e sim um arbusto profusamente ramificado e continuamente desbastado pela impiedosa tesoura da extinção”.



Figura 17: Árvore da vida, como Darwin a concebeu



Figura 18: O homúnculo que existiria no interior do espermatozóide, segundo Leeuwenhoek, von Haller e outros cientistas do século XVIII

Além disso, o termo *evolução* possuía, nos séculos XVIII e XIX, um significado biológico adicional, incompatível com as ideias de Darwin. O termo foi cunhado por von Haller, em 1744, para descrever a teoria segundo a qual os embriões cresciam de homúnculos pré-formados. Também neste uso, portanto, trazia consigo a ideia de um desenvolvimento pré-definido, com um resultado previsível, o que é o caso do desenvolvimento embrionário.

Mas o assunto mais controverso, quando ensinamos evolução em nossas aulas, é o do conflito entre os pontos de vista da Ciência e os da Religião sobre o surgimento dos seres vivos, especialmente de nossa espécie humana – tão especial...

Este assunto escapa dos limites da Biologia, e envereda pelos caminhos da Filosofia. Será que o conhecimento científico e a fé são excludentes? Gostaria de propor que não, e que um não é pior ou melhor do que o outro. São diferentes, e isso é tudo. Para algumas pessoas, essas visões são inconciliáveis. Para outras, inclusive alguns cientistas, elas podem coexistir. Mas se quisermos compreender a diferença entre essas duas formas de conhecimento,

devemos começar tentando compreender algo sobre a natureza do conhecimento científico.

Você já parou para pensar a respeito de como é construído o conhecimento científico? Essa pergunta tem sido debatida por muitos filósofos e cientistas, há muito tempo, e não tem uma resposta única.

Em março de 1981, a Câmara Legislativa do Estado de Arkansas, nos EUA, promulgou um ato que determinava o *tratamento balanceado* do tema da origem das espécies: se um professor viesse a ensinar a teoria da evolução em sala de aula, ele deveria também abrir espaço para o ensino da *ciência criacionista*.

Em dezembro daquele mesmo ano, a ACLU – organização que tem por objetivo defender direitos constitucionais dos cidadãos americanos – propôs uma ação judicial contra o Estado de Arkansas.

Tendo em vista que a Primeira Emenda da Constituição americana estipula a separação entre a Igreja e o Estado e que, portanto, a religião não pode ser ensinada enquanto tal nas escolas públicas, a ACLU considerou que a Câmara Legislativa do Arkansas feria os direitos constitucionais dos cidadãos do Estado. A acusação pressupunha, portanto, que *ciência criacionista* era discurso religioso que se fazia passar por científico. A estratégia da acusação foi a de estabelecer uma distinção entre *Religião* e *Ciência*, que tornasse ilegítimo o uso do termo *Ciência* para designar o conjunto das teses criacionistas. O juiz do processo ouviu um filósofo da Ciência, Michael Ruse, e com base nos critérios que este apresentou para definir Ciência, deu ganho de causa à ACLU. Usando os critérios apresentados por Ruse, o juiz listou as características fundamentais da Ciência:

- [...] (a) ela é guiada pela lei natural;
- (b) ela tem que ser explicativa por referência à lei natural;
- (c) ela é testável em confronto com o mundo empírico;
- (d) suas conclusões são tentativas;
- (e) ela é falseável. (RUSE apud ABRANTES; ALMEIDA, 2006, p. 7).

O que isso quer dizer, e por que exclui das aulas de Ciências a posição religiosa? Ao afirmar que a Ciência é guiada pela lei natural e deve ser explicativa por referência a ela, Ruse quer dizer que não cabem, em Ciência, explicações sobrenaturais. Isso significa que, para a Ciência, qualquer explicação que envolva a intervenção de uma entidade divina, seja ela qual for, não pode ser aceita. Ligado a isso está o item “c”, que diz que devemos ser capazes de testar as explicações científicas no mundo empírico, isto é, no mundo que experimentamos e ao qual temos acesso, das nossas sensações e sentidos.

Finalmente, outra característica fundamental da Ciência é o fato de que suas verdades são tentativas, isto é, podem ser substituídas por outras de maior valor explicativo. Elas são, portanto, falseáveis. Veja que isso não é um *problema* da Ciência. Aliás, ser falseável é mesmo uma de suas virtudes, que permite que o conhecimento científico sofra modificações que nos permitem compreender uma quantidade crescente de aspectos do mundo natural.

Tal tipo de conhecimento, portanto, é bastante diferente (nem melhor, nem pior) do conhecimento baseado na fé religiosa. Neste

segundo caso, as explicações envolvem, necessariamente, entidades sobrenaturais (ainda que a concepção particular de Deus possa ser diferente de pessoa para pessoa). Não buscamos explicações em nosso mundo imediato, mas num mundo ao qual só temos acesso em pensamento. Além disso, não estamos nem um pouco interessados em testar nossa fé em confronto com o mundo empírico ou preocupados em falsificar o conhecimento religioso. Ao contrário, a fé, como define o dicionário Houaiss, é “crença religiosa sem fundamento em argumentos racionais, embora eventualmente alcançando verdades compatíveis com aquelas obtidas por meio da razão”. Acreditamos porque acreditamos. E é o suficiente.

Por que são conhecimentos de tipos diferentes, Religião e Ciência são incompatíveis? Não necessariamente. Um dos maiores pensadores do darwinismo e um de seus maiores defensores, o biólogo Theodosius Dobzhanski, era devoto cristão ortodoxo. Isso não o impediu de afirmar que “em biologia, nada faz sentido exceto à luz da teoria evolutiva” (DOBZHANSKI, 1973, p. 124). As formas de *acomodação* desses dois tipos de conhecimento, quando tal acomodação ocorre, são idiossincráticas e pessoais. Não é possível, em nossas aulas, mesclar tipos de conhecimentos que são, em sua natureza, distintos. São escolhas pessoais. Muitos cientistas professam diversas religiões, ainda que outros não o façam. Uns e outros, entretanto, compartilham a convicção de que a teoria evolutiva é hoje a explicação mais apropriada para a grande diversidade de organismos que nosso planeta abriga. Talvez, no futuro, outra explicação tome seu lugar, como ocorreu com a teoria gravitacional de Newton, substituída pelo modelo mais amplo proposto por Einstein. Mas, hoje, a teoria evolutiva é a melhor explicação para uma vasta gama de questões biológicas.

Os alunos, é claro, levantam, frequentemente, a questão das diferenças entre as explicações da Ciência e da Religião a respeito da origem das espécies. Ao professor cabe acolher as questões trazidas pelo aluno, mas também é sua função explicar as diferenças entre os dois tipos de explicações, respeitando, inclusive, a diversidade de credos que uma mesma turma pode abrigar. Afinal, diferentes religiões possuem diferentes relatos sobre a origem dos seres, e também essas diferenças devem ser respeitadas. Como poderíamos privilegiar, numa aula de Ciências, alguma dessas explicações? Nas aulas

de Ciências, valem as explicações científicas, tanto quanto não faria sentido invocar explicações científicas em aulas de catecismo.

Entendida como teoria científica e como fundamento da Biologia moderna, a evolução pode ser um instrumento valioso para o professor de séries iniciais apresentar os tópicos de seres vivos, ecologia e mesmo temas relacionados ao corpo humano. Por meio dela, a criança pode construir um sentido para muitos conteúdos que são, atualmente, ensinados como simples memorização, como é o caso da classificação dos seres vivos. Se compreendermos essa classificação como reflexo de um parentesco entre os seres vivos, ela adquire muito maior sentido.

Além disso, a teoria evolutiva se constitui na base de uma narrativa que pode ser belamente apresentada, e que pode tornar o ensino de Biologia muito mais instigante. Nas palavras do escritor e biólogo moçambicano Mia Couto:

Afinal, a ciência e a arte são como margens de um mesmo rio. A Biologia não é diurna nem noturna se não se assumir como autora de uma espantosa narração que é o relato da Evolução da Vida. Podem ter certeza que essa é história tão extraordinária que só pode ser escrita juntando o rigor da ciência ao fulgor da arte.

Retirando da Biologia a aridez da memorização, a evolução pode levar nossos alunos a um passeio por este rio repleto de sentidos e de conhecimentos. Um passeio pela Vida.

Atividades para sua aula

Claro que é muito difícil realizar, em sala de aula, experimentos que envolvam seleção natural de organismos. Mas podemos simular um processo de seleção natural com uma atividade em que os alunos fazem o papel de predadores e pequenos moldes de massinha de modelar, o das lagartas que serão predadas. A ideia é mostrar aos alunos como uma mesma característica (a cor) pode ser mais ou menos vantajosa, dependendo do ambiente em que se encontre o organismo. Neste caso, o ambiente será a cartolina colorida onde serão dispostas as “lagartas”.

Material: massa de modelar vermelha e verde, cartolina verde, relógio com cronômetro.

Procedimento: preparar, com a massa de modelar, dez “lagartas” vermelhas e dez verdes, com espessura aproximada de dois milímetros e com cinco centímetros de comprimento.

O experimento: cada grupo de alunos (mínimo de três) terá em mãos um conjunto com dez (10) lagartas verdes, dez (10) lagartas vermelhas, um anteparo (tapete ou cartolina) verde e um relógio com cronômetro.

As lagartas são jogadas sobre o anteparo por um dos alunos, enquanto outro (a ave) deverá predá-las (pegá-las) num pequeno espaço de tempo (3 segundos), marcado por um terceiro aluno. Depois, marca-se no quadro (próxima página) quantas lagartas de cada cor foram predadas. Isto deve ser repetido diversas vezes, sempre jogando as vinte lagartas. Ao final, soma-se o número de cada classe de cores e responde as seguintes questões:

Que lagartas foram mais predadas? As verdes ou as vermelhas? Relacione isso ao conceito de seleção natural.

A introdução de um novo predador, cego para as cores, poderia interferir no que está acontecendo neste ambiente? De que forma?

O experimento pode ser realizado em sequência, ou seja, após a primeira predação, a segunda é efetuada sobre a população restante (20 lagartas menos as já predadas na etapa anterior). O objetivo, neste caso, é adicionar uma dimensão temporal, e podemos considerar cada uma das etapas como correspondendo a uma geração das lagartas. Aqui, o aluno também poderá verificar como as populações de cada um dos tipos de lagarta serão muito diferentes, ao cabo de algumas gerações, da mesma forma que ocorre na natureza.

Etapas	Lagartas vermelhas	Lagartas verdes
Predação 1		
Predação 2		
Predação 3		
Predação 4		
Predação 5		
Predação 6		
Predação 7		
Predação 8		
Predação 9		
Predação 10		
Soma		

Você também pode deixar que os pássaros das árvores do pátio de sua escola participem dessa atividade.

Prepare dez “lagartas” de massa de modelar vermelhas, vinte amarelas e vinte marrons. Depois, espalhe-as em diferentes galhos de árvores do pátio da escola ou de seu entorno, lembrando de registrar o local onde cada uma foi disposta. Depois de três dias, recolha-as. Você vai verificar que as “lagartas” de cores mais chamativas (portanto, que ficam menos “camufladas” conterão mais marcas de bicadas de pássaros.

Referências

- ABRANTES, P. C.; ALMEIDA, F. P. L. Criacionismo e Darwinismo confrontam-se nos tribunais ... da razão e do direito. *Episteme*, Porto Alegre, n. 24, p. 357-401, 2006.
- DARWIN, Charles. *Viagem de um naturalista ao redor do mundo*. Porto Alegre: L&PM, 2008. 2 v.
- DOBZHANSKI, T. Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution. *The American Biology Teacher*, n. 35, p. 125-129, 1973.
- EVOLUÇÃO. *Revista Ciência Hoje na Escola*. Rio de Janeiro: Global, v. 9, 2001.

GOULD, S. J. *Vida Maravilhosa. O Acaso Na Evolução e a Natureza Da História*. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

____. Sombras de Lamarck. In: *O polegar do panda*. Lisboa: Gradiva, 1990a. p. 84-93.

KEYNES, R. *Aventuras e descobertas de Darwin a bordo do Beagle*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

REVISTA CIÊNCIA HOJE. Disponível em: <<http://www.ciencia.org.br>>.

REVISTA NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL, fev. 2009. Disponível em: <<http://www.ngbrasil.com.br>>.

REVISTA VEJA. São Paulo: Abril, ano 42, n. 6, 11 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.veja.com.br>>.

SIS, Peter. *A árvore da vida*. São Paulo: Ática, 2007.

Invisíveis, hóspedes e bem-vindos: os microrganismos

*Francisco Gorgonio da Nóbrega**
*Nelma Regina Segnini Bossolan***

Esses organismos invisíveis (a olho nu), também chamados micróbios, são seres fascinantes que, além de hóspedes em nosso corpo, estão em todo lugar e são parte essencial e muito importantes para a manutenção da vida na Terra. No século XVII, a *descoberta* dos microrganismos esteve associada à invenção do microscópio. Aquela época, um modelo simples utilizado por Antony van Leeuwenhoek (pronuncia-se lêiven ruk), um comerciante holandês que tinha como passatempo fazer lentes, permitiu que ele observasse na água de chuva o que chamou de *animálculos*, provavelmente referindo-se a bactérias e protozoários. Por volta de 1673, seus desenhos, feitos a partir de observações com a utilização desse microscópio, fizeram com que esse cientista amador fosse reconhecido pela sociedade científica.

O aperfeiçoamento do microscópio e das técnicas de usar corantes para melhor visualizar as estruturas internas das células, permitiu aos biólogos da época examinar micróbios e finas fatias de tecidos de plantas e animais. Resultou desses estudos uma teoria surpreendente apresentada em 1838: todos os seres vivos capazes de reprodução independente são constituídos de células – a chamada *teoria celular*. Essa teoria é chamada *científica* por ter sido confirmada por outros investigadores independentemente. Os vírus formam um

* Médico com doutorado em bioquímica. Professor aposentado da USP, atualmente na Faculdade de Odontologia de São José dos Campos (SP) da Universidade Estadual Paulista.

** Doutora em Ecologia e Recursos Naturais. Professora do Instituto de Física de São Carlos, São Carlos (SP), da Universidade de São Paulo (USP).

grupo especial, pois são, em geral, apenas informação genética (DNA ou RNA) protegida por um invólucro feito de proteínas e dependem completamente de uma célula viva para se reproduzirem.

A ciência que hoje é conhecida como Microbiologia¹ teve um grande avanço no período de 1857 a 1914, particularmente na Europa. Louis Pasteur estabeleceu a relação entre o processo de fermentação do vinho com microrganismos (no caso, as leveduras, organismos unicelulares pertencentes ao Reino dos Fungos) e, na busca de uma solução para um problema dos viticultores de uma região da França – a acidificação dos vinhos armazenados –, relacionou essa deterioração com a contaminação por bactérias. Pasteur descobriu que, aquecendo o vinho a uma temperatura de 56°C, os organismos que alteravam o gosto do vinho eram eliminados. Esse processo ficou conhecido como *pasteurização*, ainda hoje largamente utilizado na indústria de alimentos, principalmente como processo de conservação do leite.

Os estudos de Robert Koch, um médico alemão, forneceram a primeira prova de que as bactérias eram a causa de determinadas doenças. Em 1876, ao pesquisar o carbúnculo², doença que acometia rebanhos de gado e ovelhas na Europa, Koch constatou a presença de microrganismos em forma de bastonetes no sangue dos animais infectados. Comprovou que o sangue dos animais doentes, injetado em ovelhas saudáveis, causava doença igual. Conseguiu também cultivar, fora do corpo do animal, em soluções nutritivas, essas bactérias. Estas descobertas não foram assimiladas prontamente pelas pessoas, pois à época vigoravam crenças como a de que uma doença poderia ser causada por demônios presentes em odores fétidos, ou como castigo por pecados individuais. Desde então, a ciência da Microbiologia tem se desenvolvido e se ramificado em subáreas, como a médica, ambiental, agrícola, industrial, etc.

Mas esse seu início associado a doenças e a preocupação com a saúde contribuíram para que a primeira ideia associada pelas pessoas ao se falar em microrganismo (ou micróbio, germe, bactéria) fosse a de agente causador de doenças. A presença natural dos microrganismos em nosso corpo deve ser, portanto, lembrada: eles estão em toda a pele

¹ Microbiologia é o nome dado à ciência que estuda os microrganismos. Tradicionalmente estuda as bactérias, protozoários, algas unicelulares, leveduras e vírus.

² Doença também conhecida como *antraz*, cuja causa é a bactéria *Bacillus anthracis*.

e cabelos, aparecendo em maior número em regiões quentes e úmidas como axilas, dobras, e entre os dedos do pé, onde são necessárias para produzir o chulé. A gente se espanta ao saber que 1/3 em peso das nossas fezes são bactérias! Elas habitam todo o tubo digestivo, da boca ao ânus. No intestino grosso, local onde as fezes começam a ser formadas, vive um número enorme de bactérias que também sintetizam as vitaminas B12 e K, essenciais ao homem e que são absorvidas a partir das paredes intestinais. Como resultado de seus processos metabólicos, há a formação de gases (cientificamente chamados de flatos) que se acumulam no intestino. A maior parte das diarreias é causada por microrganismos patogênicos como certas salmonelas. Os casos de diarreias observadas, raramente, em algumas pessoas, após tratamento com antibióticos, são explicados pelo fato de o remédio agir também sobre certas bactérias da microbiota normal do trato intestinal (microbiota é o conjunto dos microrganismos que habitam um determinado local ou ecossistema). Essa microbiota, em situações normais, inibe espécies oportunistas causadoras de infecções gastrointestinais, como a bactéria *Clostridium difficile* que, sem a competição da microbiota normal, pode proliferar excessivamente e resultar em diarreia e febre. O uso de antibióticos em excesso ou incorretamente pode também eliminar a microbiota bacteriana normal da vagina de uma mulher adulta, favorecendo a proliferação excessiva da levedura *Candida albicans*. A microbiota normal do homem começa a se estabelecer a partir do seu nascimento. Bactérias presentes na vagina da mulher entram em contato com o recém-nascido, instalando-se em seu intestino e sem essas bactérias sabemos inclusive que as células do tubo intestinal não se desenvolvem adequadamente.

Geração espontânea ou biológica?

Podemos observar, indiretamente, a presença de microrganismos no ambiente: uma porção de caldo de carne mantida à temperatura ambiente e coberta com um pano, em pouco tempo passa a cheirar mal. Caldo de cana após algum tempo passa a borbulhar gás carbônico (CO₂) e cheira a cerveja devido ao álcool que é produzido no processo que chamamos de fermentação. Este processo espontâneo foi utilizado há vários milhares de anos pelo homem para produzir cerveja, vinho e fazer crescer a massa do pão antes do cozimento, sendo a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) o micróbio *do bem*

responsável por estes processos. Portanto, o uso de microrganismos em biotecnologia começou há vários milhares de anos!

Observe experimentos da época: uma porção de caldo de carne é fervida em recipiente apropriado e, em outro frasco, ferve-se água contendo um pouco de folhas secas (faz-se uma infusão). Após meia hora de fervura, que deve matar qualquer célula viva, o fogo é desligado e os frascos cobertos com um pano e mantidos a temperatura ambiente. Invariavelmente, após alguns dias, notamos o apodrecimento do caldo e o aparecimento de muitos microrganismos na infusão. Se os frascos forem hermeticamente tampados logo após a fervura, o resultado esperado é que não apareçam micróbios nos frascos. Alguns sugeriam que o ar era o responsável pelo aparecimento dos microrganismos. No entanto, infusões de feno geralmente estavam cheias de microrganismos após algum tempo, mesmo bem tampadas após a fervura! Na época (século XVIII), muitos biólogos acreditavam que os organismos que apareciam depois da fervura nasciam de matéria não viva, ou seja, se acreditava em geração espontânea da vida: material inanimado dando origem a células vivas. Aristóteles (~340 a.C.) explicava que enguias e sapos nasciam da lama.

Pasteur resolveu examinar, por meio de observação cuidadosa e experimentação, se isso de fato ocorria. Ferveu caldo de carne em balões de vidro em comunicação com o exterior por meio de um longo e sinuoso tubo de vidro. Desta maneira, o vapor podia sair durante a fervura e, durante o resfriamento, o ar podia entrar; entretanto, poeira e outros microrganismos do ar se depositavam no longo tubo antes de atingir o meio nutriente. O caldo fervido (100°C) por Pasteur nestes frascos permaneceu sem microrganismos mesmo após vários anos. Um deles está em exposição na França, sem contaminação. Mas os experimentos com as infusões de feno e folhas pareciam ainda sustentar a teoria da geração espontânea. Mais tarde se descobriu que certos microrganismos do solo apresentam formas de resistência (esporos) capazes de sobreviver a estresses como falta de alimento ou de água e altas temperaturas. Estes esporos resistem à fervura por muito tempo, mas morrem se a fervura for feita dentro de uma panela de pressão (ou autoclave de laboratório): nesta condição, a temperatura chega a 120°C, matando os esporos, e então nada cresce. A teoria da *geração espontânea estava errada mesmo!*

Cultivando microrganismos

Imagine como faria para saber se existem microrganismos sobre uma região de sua pele, nas gotículas emitidas pela tosse, no interior de sua boca, nas teclas de seu computador, na superfície da tábua de cortar carne em sua cozinha, entre os dedos de seu pé? Esfregue ou mergulhe um cotonete estéril na superfície ou líquido que deseje estudar e depois mergulhe a extremidade dentro de um frasco com meio de cultura líquido esterilizado³ previamente (por autoclave ou fervura). Cubra o frasco com uma tampa também estéril que impeça a entrada de contaminantes do ar, mas que deixe o oxigênio entrar (o ar contém bactérias e fungos microscópicos geralmente aderidos à poeira). Coloque o frasco à temperatura ambiente por alguns dias. Em pouco tempo, o meio, antes transparente, estará turvo, com uma quantidade imensa de bactérias. Verá então que as bactérias são nossas companheiras constantes no ambiente. A grande maioria delas não nos causa qualquer problema.

Isolando microrganismos

A inoculação⁴ em meio líquido, embora demonstre a existência de microrganismos, faz com que a cultura possa conter dezenas de *bactérias diferentes* crescendo juntas. Como fazer para obter uma cultura pura, ou seja, aquela na qual *uma única espécie* ou tipo de bactéria esteja presente? Os bacteriologistas resolveram este problema desenvolvendo um meio “sólido” para alimentar bactérias ou fungos. Para preparar um meio nutritivo com a consistência de gelatina usamos, no laboratório, ágar (ágar é um polissacarídeo, uma substância isolada de algas marinhas) adicionado ao meio de cultura apropriado, derramado e solidificado em placas de Petri⁵. Para isolar um microrganismo puro, geralmente buscamos depositar quantidades bem pequenas vindas do material em estudo e diluídas em solução estéril, que são espalhadas sobre o meio com um cotonete ou alça metálica, visando espalhar os micróbios de

³ Esterilização é o processo que promove a remoção ou morte de todos os organismos vivos, incluindo os vírus, de um meio de cultura, objeto ou ambiente.

⁴ Inocular, em Biologia, significa inserir microrganismos em um meio de cultura.

⁵ Recipientes cilíndricos com tampa, de vidro ou de plástico, normalmente utilizados em laboratórios no cultivo de bactérias e fungos. O nome homenageia J. R. Petri, assistente de Robert Koch, que inventou este tipo de recipiente.

maneira que as células depositadas sejam poucas (dezenas ou centenas por placa) e possam assim crescer isoladas. Devemos encontrar, após um ou mais dias, pequenos montículos regulares, talvez de cores e aparência distintas, visíveis a olho nu, que são colônias de microrganismos, contendo uma única espécie. Isolamento de um microrganismo, portanto, não significa obter uma única célula (o que é possível, mas difícil), mas sim obter milhares ou milhões de indivíduos (uma colônia) resultantes da reprodução por divisão de uma única célula inicial. Cada colônia é um *clone* e se iniciou de uma única célula bacteriana que, utilizando o alimento do meio, se dividiu em duas células que se dividiram novamente resultando em quatro células, e assim por diante, permanecendo amontoadas, seu número crescendo em *proporção geométrica*, enquanto houver alimento abundante.

Onde encontramos microrganismos?

Os microrganismos foram encontrados em quase qualquer lugar investigado: nos mares, rios e lagos, no ar, nos solos mais diversos, em geleiras, em fontes de águas termais a mais de 100°C, em grandes profundidades nos oceanos, no interior da terra, em salinas, associados a rochas, sobre plantas e no interior de certas estruturas de plantas, sobre a pele e em todo o tubo digestivo do homem e de todo animal investigado, assim como insetos. Ficou claro que a variedade, ou seja, o número de espécies bacterianas era astronômico e superava de muito todas as outras espécies de animais e plantas conhecidos.

Identificando e classificando microrganismos

Estes seres microscópicos apresentam um número limitado de estruturas e formatos, cuja visualização depende de equipamentos sofisticados, para ajudar na sua identificação. Em contraste, plantas, animais e insetos apresentam cores variadas, os mais variados formatos e detalhes anatômicos, estruturas como pelos, cerdas, penas, unhas, dentes etc. que muito auxiliam em sua identificação e classificação. Os biólogos passaram a utilizar, então, além do microscópio, meios de cultura definidos, contendo diferentes substâncias para alimentar os microrganismos e diferenciá-los em

função de características nutricionais, ou seja, o que são capazes de utilizar para crescer e se multiplicar. Mas este método é laborioso e os biólogos descobriram que muitos organismos que apareciam em uma amostra ambiental visualizada pela microscopia, não cresciam nos meios de cultura existentes nos laboratórios.

Mas uma ferramenta nova permitiu melhor explorar a microbiota existente no planeta: a biologia molecular (que estuda as substâncias ou moléculas que existem nas células). Em particular, a molécula de DNA⁶ se mostrou a mais útil para identificar e classificar microrganismos, mesmo aqueles que não conseguimos ainda cultivar no laboratório. O DNA funciona como um código de barras de supermercado: cada organismo tem uma sequência de *barrinhas* diferente (daí porque o *exame de DNA* é usado para a determinação de paternidade). Isso é muito importante, pois *ainda não descobrimos como isolar e cultivar mais de 90%* dos microrganismos identificados em amostras ambientais! O estudo do DNA dos microrganismos permitiu, recentemente, um progresso espetacular no estudo dos mesmos e confirmou sua imensa diversidade, muito superior à dos outros organismos.

Diversidade microbiana

A diversidade e capacidade de viver nos mais variados ambientes é fenomenal entre os microrganismos: as bactérias, fungos e algas microscópicas são os maiores responsáveis pela *limpeza ambiental*, consumindo tudo que está morto, a maior parte de nosso lixo e também captando CO₂ produzido pela queima de combustíveis fósseis. Há microrganismos que conseguem viver com ou sem o oxigênio do ar, que podem utilizar as mais variadas substâncias para se alimentar (por exemplo, além de proteínas, gorduras e açúcares, também usam resíduos de pesticidas e outros poluentes ambientais, petróleo etc.), inclusive certos minerais. As bactérias são responsáveis por *captar o nitrogênio do ar e disponibilizá-lo para as plantas*, garantindo a vida vegetal. Algas e cianobactérias conseguem fazer fotossíntese, usando a *energia existente na luz solar para transformar CO₂ em açúcares* (ou seja, alimento), neste processo, decompondo a água e *libertando oxigênio*.

⁶ DNA: sigla, em inglês, do ácido desoxirribonucléico; material genético que contém informações determinantes dos caracteres hereditários transmissíveis à descendência.

Produzem milhares de substâncias muito interessantes, algumas já reconhecidamente de grande utilidade como antibióticos, substâncias ativas contra o câncer, toxinas com uso medicinal (botox), imunodepressores para pessoas que sofreram transplantes etc. Um grande número de compostos úteis certamente está ainda à espera dos cientistas que vão identificá-los e descobrir sua utilidade. A moderna engenharia genética⁷ permite transformar micróbios comuns como a *Escherichia coli* e a levedura *Saccharomyces cerevisiae* em produtores de medicamentos diversos e biocombustíveis. Alguns de seus alunos, certamente, no futuro, poderão contribuir com novas descobertas sobre os microrganismos.

Microrganismos e evolução biológica

Mas há uma razão que explica porque o mundo microbiano é tão rico e diverso: tempo, variação e seleção. Fósseis de microrganismos foram encontrados em rochas com mais de 3,5 bilhões de anos. A Terra se formou há cerca de 4,5 bilhões de anos. Por mais de 3 bilhões de anos, apenas microrganismos habitavam a Terra! O advento da célula eucariótica (com núcleo), a partir da célula bacteriana, que não tem um núcleo individualizado, aconteceu como consequência de uma célula *canibalizar* outra. O micróbio *engolido* se transformou, com o tempo, em organela intracelular: esta é a origem da mitocôndria e do cloroplasto⁸. Os fósseis mais antigos de organismos multicelulares datam de ~600 milhões de anos. A nossa espécie, *Homo sapiens*, apareceu há cerca de 200 mil anos, na África, e se espalhou pelo planeta.

Os micróbios são, em certo sentido, nossos *irmãos celulares*: as células de nosso corpo possuem milhares de constituintes muito semelhantes e que funcionam de maneira integrada segundo o mesmo esquema de reações bioquímicas que regem o funcionamento da célula bacteriana. Sendo microscópicos e tendo tido tanto tempo

⁷ Engenharia genética: conjunto de técnicas que envolvem a manipulação de moléculas de DNA ou RNA fora das células vivas, combinando partes destas moléculas entre si, que têm origens diferentes.

⁸ A mitocôndria, nas células eucarióticas, é a organela responsável por gerar energia a partir dos nutrientes intracelulares. O cloroplasto, uma organela verde encontrada nas células de vegetais e algas, é o local onde a luz é capturada permitindo que ocorra a fotossíntese.

para se adaptarem aos mais variados locais, os micróbios acumulam uma *experiência* de bilhões de anos de *experimentação* e seleção por adaptação aos ambientes mais diversos. A experimentação biológica natural é possível porque a reprodução celular gera *células filhas não exatamente idênticas*. Mesmo um clone representado pela colônia de células, crescendo sobre o meio nutritivo de uma placa de Petri, pode conter uma ou mais células com alguma diferença das demais – são mutantes. Dependendo das características deste mutante, ao longo do tempo geológico, e com a participação de modificadores como isolamento geográfico, clima, predadores, microambiente, certas substâncias etc., seus descendentes podem desaparecer ou, ao contrário, substituir os *normais*. Assim, espécies são criadas ou extintas. Para saber mais, consulte o artigo *Transformando nossa visão a respeito da evolução*, de Maria Luiza Gastal, neste volume.

Microrganismos modificam a Terra

Além de *lixeiros* e produtores de moléculas úteis, os microrganismos tiveram papel muito importante em transformar a Terra no que ela se tornou ao longo do tempo geológico: *um verdadeiro paraíso para os seres vivos que a habitam*. Talvez a mais espetacular contribuição dos microrganismos tenha sido a *fotossíntese*, que permite captar diretamente a energia do Sol produzindo açúcar e libertando *oxigênio* (O_2). Este processo transformou o mundo e influenciou poderosamente a *própria constituição da crosta terrestre*, já que o oxigênio pode reagir com muitos minerais. Este O_2 foi se acumulando na atmosfera primitiva que, sem este gás, não permitiria que os seres que respiram, como os mamíferos e o homem, existissem.

Experimentos

Mostramos aqui algumas sugestões de materiais e experimentos para cultivar microrganismos do ambiente e do corpo. Utilizando essas técnicas, os alunos podem tentar responder, por meio dos experimentos, questões relativas aos micróbios, como, por exemplo, em que locais vivem os microrganismos, qual a influência da higiene na saúde humana, qual é a ação de desinfetantes e da luz do Sol sobre o crescimento dos microrganismos, o que os alimenta etc.

Preparo de meio de cultura semi-sólido usando gelatina (ou ágar 1,5 g/100ml)

Tome um pacote (12 gramas) de gelatina sem sabor e incolor. Adicione sobre 100 ml de água em frasco de boca larga. Deixe que a gelatina absorva a água. Adicione então mais 100 ml de água e leve ao forno de microondas (MO) ou banho-maria. Aqueça aos poucos (pulsos de 30 segundos cada no MO), até levar a gelatina à dissolução completa. Em pote separado, disperse em 100 ml de água meio tablete de fermento de padaria mais uma colher de café de açúcar (ou fubá). Leve ao forno de microondas e aplique vários pulsos entre 30 e 60 segundos, até início de fervura. Leve ambos para uma panela com água pré-aquecida (banho-maria). Coloque a tampa nos potes sem fechar, solta, apenas para impedir contaminação e aquecer até a fervura que deve ser mantida por 30 minutos. A gelatina (ou ágar) será o agente gelificador e a levedura será morta pelo calor e irá fornecer nutrientes (sais minerais, aminoácidos, carboidratos, lipídeos etc) que vão se somar ao açúcar ou fubá para alimentar os microrganismos. Deixe esfriar até que possa manipular os frascos sem se queimar e despeje o conteúdo do pote com a levedura sobre o outro com gelatina. Note que os potes devem ter bom tamanho para que isto possa ser feito sem derramar. Feche bem a tampa e agite com suavidade para misturar. Derrame o suficiente para uma camada de meio centímetro de espessura em placa de Petri de plástico ou de vidro ou em prato de sopa ou outro tipo de recipiente de vidro em formato de tigela rasa (figura 19), previamente desinfetado, utilizando para isso um algodão com álcool hidratado comum. Cubra com a tampa própria ou com um prato raso. Deixe em repouso por algumas horas sobre a mesa ou por meia hora dentro de uma geladeira. A mistura gelifica, apresentando superfície lisa.



Figura 19: Meio nutricional com gelatina, colocado em uma tigela de vidro

Preparo de meio de cultura líquido

Recomende aos alunos não fazerem as experiências abaixo sem o acompanhamento do professor, ou outro adulto.

Coloque meia xícara de café com carne moída em um pote de geleia com tampa. Adicione ao frasco mais quatro xícaras de café

com água e mais uma colher de sobremesa de açúcar. Leve ao MO e aplique pulsos de três segundos até iniciar fervura. Depois, leve ao banho-maria em panela e deixe fervendo por mais dez minutos com a tampa colocada, mas sem apertar. Deixe esfriar até que possa manipular sem se queimar. Monte dois ou três filtros de papel (do tipo usado para fazer café), um dentro do outro e filtre o extrato de carne distribuindo em dois ou mais frascos de vidro (podem ser potes de comida de bebê ou de geleia). O filtrado deve estar claro. Leve os frascos com as tampas soltas ao banho-maria e, após o início da fervura, mantenha por mais 30 minutos. Após desligar, deixe esfriar e feche bem as tampas.

Crescimento de microrganismos em meio sólido

Os recipientes contendo o meio gelificado podem ser expostos aos mais diversos ambientes (perto de uma janela, próximo a um jardim, em cima da pia do banheiro etc.) por cerca de 10 a 15 minutos para coletar os microrganismos presentes no ar e depois coberto. Observe a superfície do meio a cada dia (figura 20).

O meio também pode ser inoculado, esfregando-se um cotonete limpo previamente umedecido em amostras de líquidos ou esfregados em superfícies que desejamos avaliar quanto à presença de micróbios (superfícies, saliva e gengivas, dorso da língua, pele das mãos, material sob as unhas, entre os dedos dos pés, solo, líquidos diversos) (figura abaixo). Em certos casos, os micróbios que estão crescendo sobre a gelatina a *derretem*. Como a gelatina é uma pro-



Figura 20: Meio nutriente com gelatina, mostrando o crescimento de bactérias e fungos sobre sua superfície, no terceiro dia após o meio ter sido exposto ao ar

teína, estes organismos estão produzindo enzimas que degradam proteínas (proteases).

Crescimento de microrganismos em meio líquido

Adquira seringas de injeção estéreis de plástico de 10 ml na farmácia, com agulhas médias ou grossas. As seringas servirão de recipiente para o cultivo dos microrganismos. Trabalhando com cuidado para evitar contaminação, aspire 4 ml do meio nutriente líquido estéril para dentro da seringa e proteja a agulha com a ponteira plástica.

Para inocular o meio com microrganismos: esfregue um pedaço de algodão limpo sobre uma mesa ou outra superfície qualquer. Esfregue o algodão no solo do jardim em experimento separado. Coloque os chumaços em uma xícara de café com um pouquinho de água estéril (previamente fervida). Agite um pouco e inócupe o meio líquido aspirando uma pequena quantidade (0,1 ml) para dentro da seringa com os 4 ml de meio. Depois, recue o êmbolo até os 10 ml para que cerca de 6 ml de ar entrem na seringa trazendo oxigênio. Proteja a agulha com a ponteira plástica e mantenha as seringas com as pontas para cima. Para apressar o crescimento dos microrganismos, coloque as seringas dentro de um saquinho plástico que pode ser colocado em algum lugar morno, por 24 horas (ver figura 22 como exemplo do resultado esperado). Depois examine as seringas, comparando com a situação antes dos inóculos. Peça aos alunos para elaborarem esquemas para registrar os experimentos de maneira detalhada. Discutir as conclusões que podem tirar dos resultados obtidos.

Cuidados a serem tomados

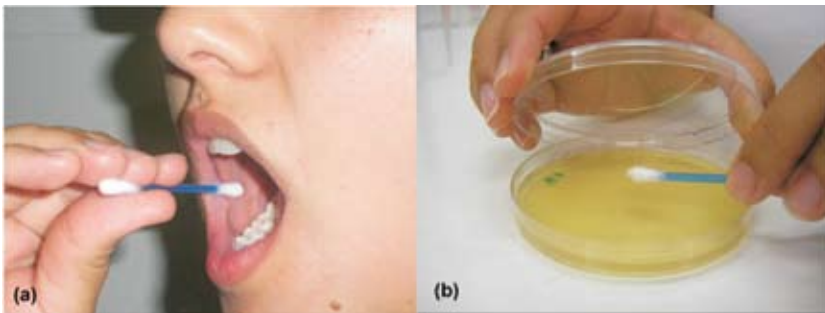


Figura 21: Alguns microrganismos da boca podem ser cultivados em meio nutriente com gelatina. Um cotonete pode ser utilizado para coletar o material a partir da superfície interna da bochecha ou então o esfregando sobre os dentes (a). O cotonete deve ser esfregado suavemente sobre a superfície do meio de gelatina (b)

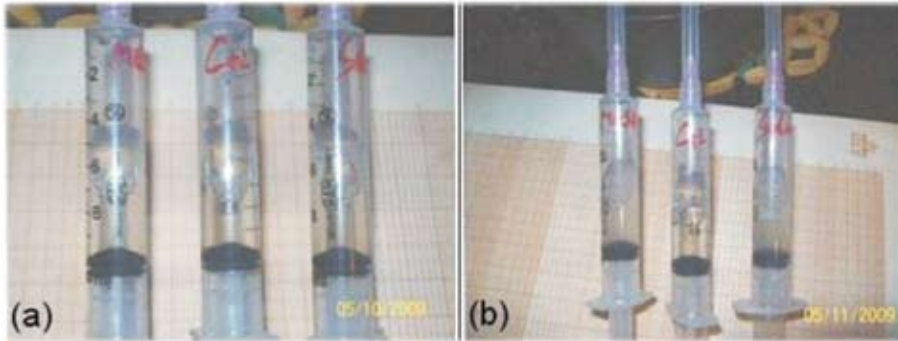


Figura 22: Cultivo de microrganismos em meio nutriente líquido contido em seringa estéril de plástico. (a) Tempo zero após o inóculo. (b) 24 horas de incubação após o inóculo. Observe como nestas seringas o meio líquido aparece turvo, o que é um indicativo de crescimento microbiano

Não tocar as placas inoculadas com microrganismos ou as soluções inoculadas. Evitar respirar próximo quando abertas, pois os fungos possivelmente presentes podem estar liberando esporos. Após os experimentos, despejar um pouco de água sanitária para cobrir as placas. Aspire também um pouco de água sanitária para dentro das seringas. Aguarde 10 minutos ou mais antes de descartar qualquer líquido na pia e deixar a água correr por algum tempo. O meio sólido residual pode ser descartado no lixo comum, desde que embalado em, por exemplo, folhas de jornal. Água e sabão devem completar a limpeza dos frascos e mãos.

Referências

- CASE, C.; FUNKE, B. R.; TORTORA, G. J. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- FIGUEIREDO, R. M.; BELLUOMINI, R. Vaz. **Dr. Bactéria**. Rio de Janeiro: Globo, 2007.
- HARVEY, R. A.; CHAMPE, P. C.; FISHER, B. D. **Microbiologia Ilustrada**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. 10. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2004.
- OKURA, M. H.; RENDE, J. C. **Microbiologia**: Roteiros de Aulas Práticas. São Paulo: Tecmedd, 2008.
- RAW, I.; SANT'ANNA, O. A. **Aventuras da microbiologia**. São Paulo: Hackers Editores/Narrativa Um, 2002.

TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

Sugestões de vídeos e textos sobre o tema, disponíveis na internet

O Mundo de Beakman, programa transmitido pela TV Cultura, de São Paulo, na década de 1990. O episódio “Bolhas, beakmania e chulé” mostra, de modo divertido, como o chulé é “produzido”, a partir do cultivo de bactérias do pé. Está disponível no endereço eletrônico: <http://www.youtube.com/watch?v=K8OecIrvF3M>. Acesso em 04 nov. 2010.

Vídeo mostrando como se verte o meio de cultura em placas de Petri e como é feito o inóculo ou transferência de bactérias para o meio sólido, disponível no endereço eletrônico: http://www.youtube.com/watch?v=kcUX4vLXX7I&feature=Playlist&p=9581335860ED75D6&playnext=1&playnext_from=PL&index=9. Acesso em 04 nov. 2010.

Texto dirigido ao público infantil e jovem: “Micróbios parceiros da saúde” de Jacques Robert Nicoli e Leda Quercia Vieira, *Ciência Hoje das Crianças*, 141, novembro 2003. Disponível em <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/revista/revista-chc-2003/141/microbios-parceiros-da-saude/microbios-parceiros-da-saude-0>. Acesso em 04 nov. 2010.

Texto dirigido ao público em geral: “Nós, as bactérias” de Sergio Danilo Pena, *Ciência Hoje On-Line* de 10/08/2007. Disponível em <http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/nos-as-bacterias>. Acesso em 04 nov. 2010.

Capítulo 9

Conhecendo o céu no seu cotidiano

*Adilson J. A. de Oliveira**

O amanhecer e o movimento do Sol

O amanhecer é um dos mais belos espetáculos da natureza. Infelizmente, ele passa despercebido para a maioria das pessoas. Talvez você, ao sair da sua casa e ir para a escola, tenha visto a rápida transição que ocorre no amanhecer. As crianças, quando observam esse fenômeno, se encantam. Em um dado momento, há apenas escuridão. Passados alguns minutos, a luz do Sol domina o ambiente e começa a modificar as nossas vidas.

O Sol foi considerado uma divindade em muitas culturas. Ele é essencial para a manutenção da vida na Terra. Em algum momento, você já sentiu em uma manhã ensolarada, em um parque ou no campo, os estímulos que o calor e a luz do Sol podem provocar, modificando seu estado de espírito e provocando diversas sensações e, em alguns casos, tornando o dia melhor.

Experimente com os seus alunos, em uma bela manhã ensolarada, antes das 10 horas, sentir a luz e o calor do Sol e veja como eles reagem. Converse com eles e estimule que façam relatos das sensações e percepções dessa experiência.

* Doutor em Física. Professor do Departamento de Física da Universidade Federal de São Carlos.

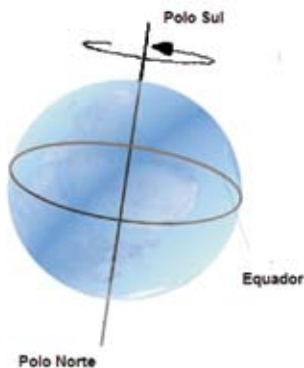


Figura 23: Esquema representando a rotação da Terra. Note a indicação do polo sul celeste na parte superior, polo norte na parte inferior, como de fato é válido para os habitantes do hemisfério Sul

O nascer e o pôr do Sol influenciam diretamente o ritmo de vida. Na maioria das vezes, realizamos nossas atividades durante o período de claridade e reservamos o descanso para os períodos de escuridão. Esses ciclos são utilizados para marcar o tempo, desde a antiguidade.

A alternância entre o dia e a noite ocorre devido à rotação da Terra ao redor de um eixo inclinado aproximadamente 23 graus em relação a uma linha perpendicular ao plano de sua órbita em torno do Sol. A figura ao lado representa esquematicamente a inclinação do eixo da órbita da Terra.

Uma rotação completa de nosso planeta leva 23h56m04s. Esse período é chamado de dia sideral. Mas por que consideramos o dia com 24 horas? É apenas um arredondamento do tempo?

Um fato bem conhecido é que a Terra, além do movimento de rotação, executa uma translação ao redor do Sol. A Terra gasta aproximadamente 365 dias e 6 horas para completar cada translação. Como esse período não é um múltiplo inteiro de dias, a cada quatro anos incluímos um dia a mais no mês de fevereiro, e temos um ano de 366 dias (ano bissexto, por ter dois 6). O dia de 24 horas que utilizamos é o chamado *dia solar médio*, que é o tempo gasto para o Sol aparecer na mesma posição no céu. Ao longo do ano, ele chega a variar até 15 minutos, para mais ou para menos. Essa variação não muda em nada a passagem do tempo.

Para calcular o quanto a Terra percorre em um dia ao redor do Sol é fácil: lembrando que o perímetro de uma circunferência é 2 vezes o raio médio da órbita terrestre (150 milhões de km), divide-se esse resultado por 365 e você chegará ao número apresentado. Para crianças nas séries iniciais do Ensino Fundamental, pode-se fazer essa atividade de uma maneira lúdica, utilizando um barbante de exatamente 94,3 cm de comprimento. Ao juntar as pontas, de forma a fazer uma circunferência, você medirá que o raio será aproximadamente de 15 cm. Podem-se comparar os 15 cm com o raio da órbita terrestre e o comprimento de 94,3 cm com a distância aproximada que a Terra percorre ao longo de um ano ao redor do Sol.

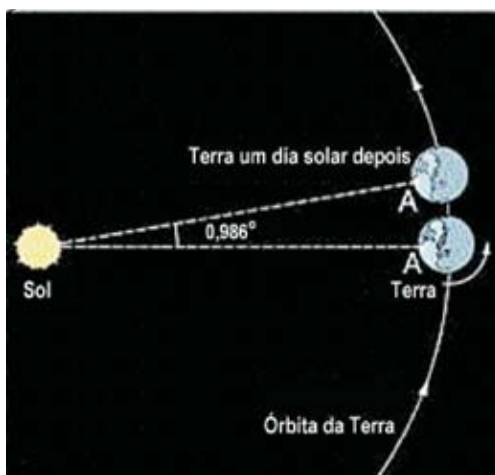


Figura 24: Movimento de translação da Terra ao redor do Sol, mostrando que durante o período de um dia solar a Terra se desloca $0,986^\circ$, fazendo que o dia solar médio seja diferente do dia sideral (a ilustração não está em escala)

Como a rotação e translação são simultâneas, para o Sol voltar ao mesmo ponto do céu, ele gasta um tempo extra além do da rotação. Em um dia, a Terra se desloca cerca de 2.600.000 km ao redor do Sol, $0,986^\circ$ em relação às estrelas que estão distantes.

Além disso, a variação do período do dia solar se deve também ao fato de a órbita terrestre ser uma elipse (embora muito próxima de uma circunferência)¹ e a velocidade de translação varia ao longo do ano, dependendo da

distância da Terra em relação ao Sol. Quando está mais próxima do Sol, ela viaja mais rápido e, quando está mais distante, mais devagar.²

E o dia continua...

Sabemos que a Terra gira ao redor do Sol, mas quando olhamos para o céu vemos que ele se move.³ Dependendo da época do ano, o seu movimento é diferente por causa do movimento de translação da Terra. Além disso, devido à inclinação do eixo de rotação da Terra, o movimento de translação cria os ciclos das estações, percebendo que o Sol ora nasce mais ao Sul e ora mais ao Norte em relação ao Leste. De fato, o Sol somente nasce no Leste e se põe no Oeste no início da primavera e do outono, como mostra a figura 25.

Talvez essas informações o espantem, mas com um pouco de observação você perceberá isso facilmente. Basta lembrar simplesmente que no verão os dias são mais iluminados (por esse

¹ Sobre as órbitas, veja o capítulo “Entendendo e demonstrando Astronomia”.

² Idem.

³ Esta questão é discutida com detalhes no capítulo “Vênus, brincadeira de Roda e o fim do geocentrismo”.

motivo temos o horário de verão) e no inverno menos. Isso acontece porque o caminho que o Sol faz no céu é maior no verão e menor no inverno. Em apenas dois dias do ano o Sol nasce no Leste e se põe no Oeste. Isso ocorre no dia do início da primavera e do outono, os dias dos equinócios (quando o dia e a noite duram o mesmo tempo).

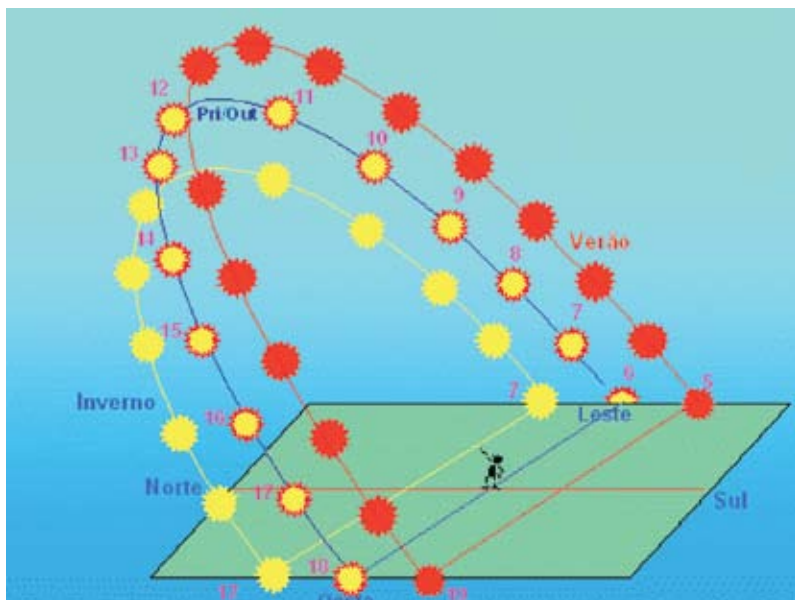


Figura 25: Esquema da trajetória do Sol ao longo do ano

É simples determinar os pontos cardeais utilizando o gnômon. Escolha um lugar onde a luz solar incida em boa parte do dia. Deve-se fazer sobre o chão um círculo tendo como centro a base de uma haste e com o diâmetro igual à metade da altura da mesma. Marque os pontos em que a ponta da haste projete sombra no círculo. Uma das marcas será feita na parte da manhã e a outra na parte da tarde. A reta que une essas duas marcas é a direção Leste-Oeste. Perpendicular a esta, teremos a linha Norte-Sul.



Figura 26: Esquema de um gnômon usado para determinar as direções dos pontos cardeais

Há cerca de três mil anos, os egípcios sabiam como determinar os pontos cardeais com precisão. Eles utilizavam um simples instrumento chamado de *gnômon*, que consiste em uma haste colocada perpendicularmente a uma superfície plana, por exemplo, o pátio da escola.

A influência solar em nossas vidas

Você já deve ter reparado que os seus alunos aproveitam o intervalo do recreio para brincar e fazer um lanche. Ao correr pelo pátio da escola, eles estão gastando energia e, ao comer, repõem parte do que gastaram, embora essa reposição não seja imediata. Nesse momento, o Sol é também importante.

A energia⁴ que extraímos dos alimentos foi quimicamente acumulada pelo processo de fotossíntese, no qual as plantas usam a energia da luz solar para converter o gás carbônico, água, minerais em compostos orgânicos e oxigênio gasoso. Quando nos alimentamos de vegetais (ou de animais que comem vegetais), usamos a energia do Sol armazenada quimicamente nas moléculas que compõem esses alimentos. Ao quebrar as ligações químicas dessas moléculas,

⁴ O conceito de energia é discutido no capítulo “Palavras, Textos & Contextos.”

o organismo obtém energia e a armazena na forma química em moléculas, como a adenosina tri-fosfato (ATP)⁵. Podemos concluir, sob esse ponto de vista, que somos movidos a energia solar!

Outra situação na qual a fotossíntese é importante é na geração de energia da biomassa⁶. O álcool extraído da cana de açúcar e os óleos vegetais, como o biodiesel, são exemplos disso. A vantagem desses combustíveis de origem vegetal é que o gás carbônico liberado em sua queima volta a ser utilizado pelas plantas no processo de fotossíntese, ou seja, contribui para diminuir esse gás na atmosfera, que é um dos responsáveis pelo aquecimento global.

A energia extraída da queima da gasolina e demais derivados de petróleo é também uma transformação da energia solar. Admitese que a origem do petróleo esteja relacionada com a decomposição dos seres que compõem o plâncton⁷ e de outras matérias orgânicas – restos de vegetais, algas e animais marinhos – em um processo que demora centenas de milhões de anos. Ao queimar esses combustíveis, libera-se a energia química que foi acumulada na matéria orgânica há milhões de anos.

A energia hidrelétrica no Brasil, que representa grande parte da matriz energética, também depende da energia solar. No momento em que a água desce pela represa da usina hidroelétrica, fazendo com que as turbinas girem e produzam eletricidade, há o processo de transformação da energia de movimento (energia cinética) da água em energia elétrica. Para que a represa continue a ter água é necessário que haja chuvas e estas só acontecem por causa da evaporação da água devido à influência do Sol. A água que desce represa abaixo é levada de volta para o rio através da chuva, abastecendo-a novamente.

⁵ ATP é um nucleotídeo constituído por adenosina, uma base nitrogenada, associada a três radicais fosfato conectados em cadeia. Nestas ligações ficam armazenada a energia.

⁶ Esse tipo de energia é obtido a partir de processos como a combustão de material orgânico. Originalmente, essa energia é acumulada pelo processo de fotossíntese.

⁷ Plâncton é o conjunto dos organismos que se movem e vivem livremente em oceanos e muitas vezes arrastados pelas correntes oceânicas. Eles estão na base da cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos, servindo de alimentação para organismos maiores.

Observando o Sol com mais detalhes

O Sol é a estrela que está mais próxima de nós e está a uma distância de cerca de 150 milhões de quilômetros. Dessa maneira, podemos investigá-lo com maiores detalhes. Uma das formas de fazer isso é utilizar um pequeno telescópio ou binóculo para projetar a imagem do Sol sobre um anteparo. *Nunca se deve olhar diretamente para o Sol, principalmente com uma luneta ou telescópio.* Usar filmes velados e outros materiais para proteção não são eficientes para proteger os olhos. Deve-se sempre projetar a imagem, pois o telescópio concentra muito a luz do Sol e certamente cegará quem olhar diretamente pela ocular.

Uma imagem projetada do Sol é perfeitamente segura para observação. Pequenas lunetas ou binóculos para projetar uma imagem nítida do Sol em um pedaço de papel branco. Deve-se fixar o binóculo ou luneta em um tripé de câmera fotográfica ou um cabo de vassoura preso no vaso. Colocando um cartão de papelão, com pelo menos 20 por 25 centímetros com um furo do mesmo diâmetro da sombra no papel. Na figura abaixo podemos observar a projeção da imagem do Sol no fundo de uma caixa de papelão, permitindo a observação de detalhes, como manchas solares. Jamais olhe diretamente pela ocular da luneta ou binóculo.



Figura 27: Projeção do Sol sobre um anteparo com um pequeno telescópio

Uma mancha solar tem uma região central muito escura, chamada umbra (sombra) circundada por um halo menos escuro conhecido como penumbra. A umbra é escura por ser mais fria (cerca de 3.500°C) do que a região que a circunda (a cerca de 5.500°C).

Observando mais internamente

Mas afinal de contas, o que é o Sol? Do que ele é feito? Como ele pode gerar tanta energia? Quanto pesa o Sol?

Uma atividade de fácil realização é observar por alguns dias a evolução das manchas solares. Pode-se rascunhar a aparência e localização detalhada das manchas solares em uma folha de papel, a cada dia, por uma semana, e se perceberá mudanças importantes. As manchas solares se deslocam conforme o Sol gira em torno de seu eixo. Como o Sol não é um corpo rígido, cada região tem velocidade de rotação diferente. Uma mancha próxima ao equador gasta 25 dias para completar uma rotação. Se estiver próxima ao polo vai levar em torno de 30 dias para completar uma rotação.

Essas são questões que talvez você já tenha refletido ou foi questionado pelos seus alunos. O Sol é estudado há milhares de anos e ao longo desse tempo a nossa visão sobre ele foi mudando. Com certeza, o Sol não é uma bola de fogo no céu. Normalmente imaginamos que ele é muito quente e grande, mas ele é uma estrela especial para nós por estar muito próximo da Terra, quando comparadas com as outras estrelas do universo.

A partir do estudo do movimento dos planetas ao seu redor foi possível determinar que a massa do Sol é de 19.800.000.000.000.000.000.000.000.000 kg ($1,98 \times 10^{31}$ kg)⁸ ou 333.400 vezes a massa da Terra, representando aproximadamente 98% da massa total do sistema solar. Dessa massa, 73,46% é de hidrogênio, 24,85% de hélio e o restante de elementos como oxigênio, carbono, ferro, neon, nitrogênio, silício, magnésio, enxofre. No interior do Sol, caberiam

⁸ A notação científica é muito útil para expressar números muito grandes, como é o caso da massa do Sol.

1,3 milhões de Terras. A camada externa visível do Sol é chamada fotosfera, e tem uma temperatura de 6.000°C .

A região acima da fotosfera é a cromosfera⁹. A energia solar passa através desta região em seu caminho desde o centro do Sol. Manchas (*faculae*) e explosões (*flares*) se levantam da cromosfera. *Faculae* são nuvens brilhantes de hidrogênio que aparecem em regiões onde manchas solares logo se formarão. *Flares* são filamentos brilhantes de gás quente emergindo das regiões das manchas. Manchas solares são depressões escuras na fotosfera, com temperatura típica de 4.000°C .

A coroa é a parte mais externa da atmosfera do Sol. É nesta região que surgem as proeminências, que são imensas nuvens de gás aquecido e brilhante que explodem da alta cromosfera. A região exterior da coroa se estende ao espaço. A coroa pode ser vista durante os eclipses solares totais.

A energia solar é gerada no núcleo do Sol. Nessa região, a temperatura é na ordem de $15.000.000^{\circ}\text{C}$ ¹⁰ e a pressão é 340 bilhões de vezes a pressão atmosférica da Terra ao nível do mar. Nessas condições extremas ocorrem reações de fusão nuclear. Como o próprio nome sugere, quando ocorre a fusão de núcleos atômicos, principalmente os de hidrogênio, ocorre uma enorme liberação de energia. O interior do Sol é muito quente e por esse motivo os elétrons que estão ao redor do núcleo são arrancados das suas órbitas, sobrando somente o *caroço* positivo, deixando o átomo totalmente ionizado. No caso do hidrogênio, o núcleo é composto de apenas um próton que tem a mesma carga do elétron, mas é positivo. Devido às altas

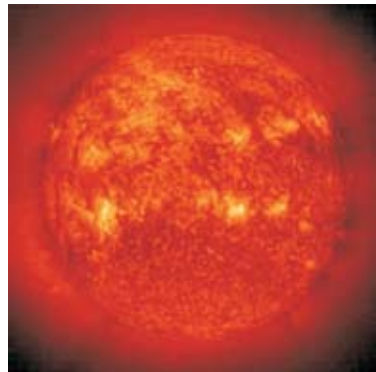


Figura 28: Imagem do Sol obtida pela NASA na qual podemos observar a fotosfera e a coroa solar na parte mais externa (crédito: NASA/NSSDC)

⁹ Cromosfera é uma das camadas solares que se estende por mais de 10 mil quilômetros acima da fotosfera. É uma região de transição entre a fotosfera e a coroa solar.

¹⁰ Pressão é um conceito muito importante na Física. Define-se pressão como a força aplicada sobre determinada área. É comum também expressá-la em termos da pressão atmosférica ao nível do mar, equivalente ao peso de uma massa de 10.000 kg sobre a área de um metro quadrado. Por esse motivo, uma garrafa de plástico amassa facilmente quando retiramos o ar do seu interior.

temperaturas, os núcleos atômicos têm alta energia de movimento e colidem a todo instante.

O fato de os núcleos atômicos terem cargas elétricas positivas faz com que a interação entre eles seja repulsiva¹¹. Como as altas temperaturas fornecem uma grande quantidade de energia de movimento, os núcleos conseguem vencer a força de repulsão elétrica, o que permite que outra força fundamental da natureza entre em ação, a força nuclear forte¹², ocorrendo a fusão nuclear. A partir de quatro núcleos de hidrogênio é formado um núcleo, o de hélio, no qual dois prótons se transformam em dois nêutrons¹³. O núcleo de hélio e as partículas produzidas nesse processo têm massa menor do que os quatro núcleos de hidrogênio. A diferença de massa é convertida em energia, como previsto pela equação de Einstein – $E=mc^2$ –, na qual m é a diferença de massa e c a velocidade da luz. Como c tem um valor muito grande, uma pequena quantidade de massa se converte em uma enorme quantidade de energia. Embora esses conceitos de fusão nuclear possam parecer, em um primeiro momento, complexos, a informação importante que devemos ter em mente é que o Sol consegue manter o seu brilho e temperatura há bilhões de anos (e ainda continuará por mais cinco bilhões de anos) por meio desse processo. A cada minuto, no Sol, 36 bilhões de toneladas de hidrogênio são convertidas em hélio, liberando uma energia equivalente à queima de 8×10^{20} (8 seguidos por 20 zeros) litros de gasolina por minuto, ou mais de 10 milhões de vezes a produção anual de petróleo da Terra.

Embora esses conceitos possam parecer complexos e de difícil compreensão, você não deve se preocupar em compreender tudo em uma primeira leitura. É importante procurar sempre novas fontes de informação. Vale a pena lembrar que o processo de fusão nuclear já foi dominado pela humanidade, infelizmente aplicada da maneira mais terrível. As atuais armas nucleares utilizam o processo de fusão nuclear para causar um enorme poder de distribuição. No momento, existem projetos em andamento para a construção de reatores

¹¹ Cargas de sinais iguais se repelem e de sinais opostos se atraem.

¹² Essa força atua apenas no núcleo atômico e faz com que ele fique estável.

¹³ De fato, o processo é mais complexo. Primeiro forma-se o deutério, que é um hidrogênio que contém um próton e um nêutron (partícula sem carga elétrica) no núcleo para a posterior formação do hélio. Ocorre também a emissão de duas partículas com carga positiva e massa igual à do elétron (o pósitron).

de fusão nuclear (que são diferentes dos atuais de fissão nuclear)¹⁴ para a produção de energia em larga escala, mas que levarão vários anos, ou talvez décadas, para se chegar à sua realização.

O Sol está ativo há 4,6 bilhões de anos e deve continuar em atividade como atualmente nos próximos cinco bilhões de anos. Quando essa época chegar, ele deixará de ser a estrela que conhecemos e evoluirá para a forma conhecida como gigante vermelho.¹⁵

A noite chega

Muitas vezes, ao retornar para casa, no começo da noite, começam a surgir alguns pontos brilhantes no céu, que em uma noite sem luar, longe das luzes da cidade, podem ser vistos aos milhares. Esses pontos, as estrelas, sempre nos maravilharam. Embora essa visão de céu noturno seja rara nos dias de hoje, é, sem dúvida, um verdadeiro espetáculo. Se você olhar com cuidado perceberá que as estrelas têm diversos tamanhos, cores e que estão dispostas de maneira a formar certos padrões nos quais visualizamos algumas figuras. Chamamos, a esses agrupamentos de estrelas, de constelações. Em certas regiões do céu é possível perceber aglomerados com muitas estrelas e nuvens opacas (nebulosas). É o caso da constelação de Órion, uma das mais visíveis no céu, principalmente entre início de dezembro e final de maio ou começo de junho.

As constelações que mais conhecemos são as doze do Zodíaco, pois estão associadas aos signos astrológicos. Segundo a Astrologia, o movimento aparente do Sol em relação a essas constelações (de fato quem se move é a Terra ao redor do Sol) e dos outros planetas (a Lua que também é considerada planeta na visão astrológica) determina os comportamentos e as tendências humanas. Contudo, não existe, até o momento, nenhuma comprovação científica da Astrologia. A diferença fundamental entre Astrologia e Astronomia é que a última é a ciência que estuda os movimentos e a constituição física dos astros, procurando entender as suas causas com base nas leis físicas. A Astrologia relaciona a posição dos planetas em relação às constelações

¹⁴ A fissão nuclear, ao contrário da fusão, é um processo no qual a energia do núcleo atômico é liberada a partir da “quebra” de um núcleo atômico massivo, como é o caso do urânio utilizado nas atuais usinas nucleares.

¹⁵ Veja o artigo “A morte e vida nos céus. Disponível em: <” - <http://cienciahoje.uol.com.br/106022>>. Acesso em: 02 jul. 2009.

do Zodíaco e tenta associar estas com os comportamentos humanos. Mas ela não explica quais são as causas dessas ocorrências, e as suas verificações, mesmo estatísticas, não correspondem às suas previsões. A Astrologia é considerada pseudociência, ou seja, se apresenta como uma atividade científica, mas não é.

O Sol é a estrela mais próxima da Terra: em média, 150 milhões de quilômetros. Parece uma grande distância, mas é apenas um pequeno passo na escala cósmica. A estrela mais próxima depois do Sol, denominada de Próxima Centauri, nem é visível a olho nu. Ela faz parte de um conjunto de três estrelas que chamamos de Alfa Centauri e está aproximadamente a 40 trilhões de quilômetros, cerca de 267.000 vezes mais distante que o Sol. No caso do Sol, a luz gasta cerca de 8 minutos para chegar à Terra, enquanto que a luz da estrela Próxima Centauri leva 4,2 anos.

Para se obter esses resultados, embora se trabalhe com números grandes, uma simples calculadora poderá ajudar. Basta saber que a velocidade da luz, no vácuo (espaço sideral), é de 300.000 km/s. Dividindo a distância do Sol (e de Próxima Centauri) em quilômetros por 300.000 km/s se obtém o tempo em segundos que a luz leva para percorrer a distância entre nós e essas estrelas.

Há milhares de anos, a humanidade tenta compreender o que são as estrelas. As constelações inspiraram os povos da antiguidade a visualizar representações de animais, deuses, heróis, guerreiros e figuras mitológicas. Contudo, por mais belas que elas sejam, são apenas figuras que imaginamos no céu. As estrelas são identificadas em função do brilho, seguindo o alfabeto grego. A estrela mais brilhante é chamada de Alfa, a segunda Beta, a terceira Gama etc. Por exemplo, a estrela mais brilhante da constelação do Cruzeiro do Sul (Alfa-Crucis) está a cerca de 320 anos-luz de distância. A terceira estrela mais brilhante (Gama-Crucis) está a 88 anos-luz. Quando as observamos, nós as estamos vendo como elas eram há 320 anos e 88 anos atrás, respectivamente. Parece estranho o fato de olharmos para o céu e vermos o passado, mas isso acontece porque a luz viaja com uma velocidade finita e leva um tempo para chegar até nós. Em nosso cotidiano esse efeito não é relevante, porque a velocidade da luz é muito grande.

Como exemplo disto é sabido que os índios tupinambás, que já ocuparam praticamente todo litoral brasileiro, ao observar o céu, imaginavam constelações diferentes das que os colonizadores portugueses conheciam. Na figura abaixo, você pode comparar a mesma região do céu. À esquerda, observam-se várias constelações, das quais podemos destacar a do Escorpião e Cruzeiro do Sul. À direita, está representada a constelação da Ema (Guirá Nhandu, em guarani) que era vista pelos tupinambás. Quando esta constelação surgia, ao anoitecer, no lado leste, os índios do Sul do Brasil identificavam o início do inverno; os índios do Norte, o início da estação da seca.

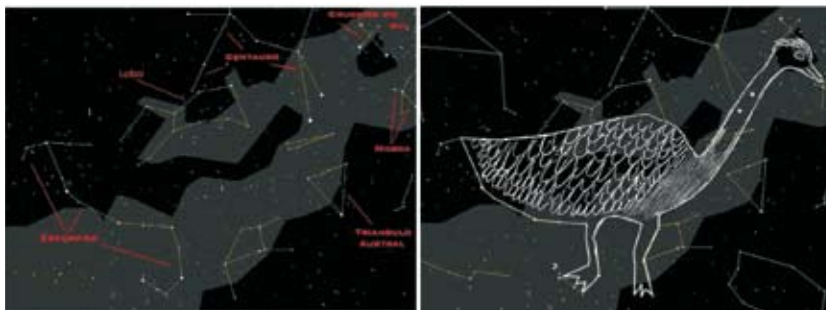


Figura 29: As constelações na mitologia greco-romana e a representação da constelação da Ema, como observada pelos índios tupinambás

As estrelas fazem parte de um dos símbolos nacionais mais importantes, a bandeira nacional. Nela encontramos parte de algumas das constelações que são visíveis no Brasil. Segundo a legislação atual,

[...] constelações que figuram na Bandeira Nacional correspondem ao aspecto do céu, na cidade do Rio de Janeiro, às 8 horas e 30 minutos do dia 15 de novembro de 1889 (doze horas siderais) e devem ser consideradas como vistas por um observador situado fora da esfera celeste¹⁶.

Cada estrela representa um Estado da Federação, como mostra a figura 30.

As estrelas podem ter diâmetros que variam de centenas de milhares de quilômetros (no caso do nosso Sol é de um milhão de quilômetros) até mais de um bilhão de quilômetros, como é o caso de Betelgeuse, a estrela vermelha na constelação de Órion. Como

¹⁶ A Bandeira do Brasil foi adotada pelo Decreto nº 4, de 19 de novembro de 1889, e foi modificada pela Lei nº 5.443 (Anexo nº 1), de 28 de maio de 1968, Lei nº 5.700, de 1 de setembro de 1971, e Lei nº 8.421, de 11 de maio de 1992.



Figura 30: Indicação da estrela correspondente aos estados brasileiros

Uma atividade interessante é propor aos alunos que identifiquem em uma carta celeste as estrelas e as respectivas constelações correspondentes aos estados brasileiros

o Sol, elas são formadas principalmente de hidrogênio e hélio em altíssimas temperaturas. A quantidade de massa e a temperatura determinam o seu tamanho e a sua cor. Quanto maior a massa da estrela, mais quente ela tende a ser. Para estrelas com massa igual à do Sol, a temperatura na superfície é da ordem de 6.000°C , mas no seu interior a temperatura atinge dezenas de milhões de graus.

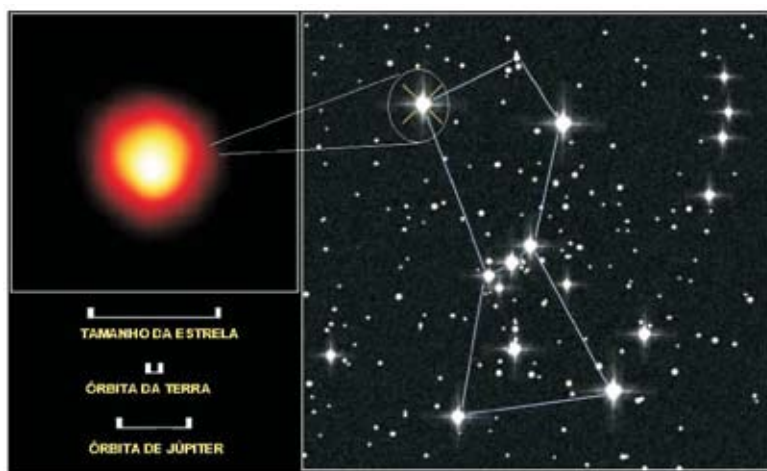


Figura 31: Foto de Betelgeuse obtida pelo telescópio espacial Hubble. Compare a órbita da Terra e a de Júpiter com o diâmetro de Betelgeuse, cerca de 1000 vezes o do Sol

A temperatura da estrela está relacionada com a sua cor. Qualquer objeto, quando aquecido, emite luz em uma determinada faixa de comprimento de onda. Por exemplo, os nossos corpos estão na temperatura de aproximadamente 36°C. Essa temperatura corresponde à faixa do infravermelho. Essa faixa de comprimento de onda não pode ser captada pelos nossos olhos, mas sim por equipamentos especiais. Muitas câmeras de filmagem possuem sensores que captam essa faixa de radiação, permitindo que sejam obtidas imagens na escuridão. Por outro lado, quando aquecemos um pedaço de ferro, ele começa a ficar avermelhado e depois ficar branco-azulado. As indústrias metalúrgicas utilizam um aparelho chamado de pirômetro para medir a temperatura dos altos fornos, em função da cor que eles estão emitindo.

Os astrônomos determinam as temperaturas das estrelas analisando não somente a cor do espectro visível, mas também de outros comprimentos de onda invisíveis aos nossos olhos, como na faixa do ultravioleta e até raios-x.

Como as estrelas estão muito distantes de nós, somente obtemos informações pela luz emitida por elas. Com a tecnologia atual, podemos observar as estrelas da nossa galáxia em quase toda a faixa do chamado espectro eletromagnético, que vai das ondas de rádio, passando pelo infravermelho, luz visível, ultravioleta e chegando aos raios-x e raios-gama. Analisando a radiação proveniente das estrelas, podemos conhecer a temperatura, o tamanho, a distância que está de nós etc.

A luz das estrelas é o principal meio que temos para conhecê-las. Como sugere Bilac, somente com muita dedicação e vontade de entendê-las é que podemos decifrar a sua poesia. A beleza e o encanto, que já inspiraram muitas gerações de escritores, poetas, pintores etc, continuam também fascinando outros artistas como os cientistas e os astrônomos, que dedicam suas vidas para tentar *ouvi-las*. Em algum dia, em futuro distante, talvez possamos navegar entre as estrelas e além de *ouvi-las* possamos também *tocá-las* e conhecê-las profundamente.

Considerações finais

A observação do céu é uma atividade fascinante. Em particular, quando olhamos para o Sol e as estrelas, é possível aprender muito e estimular os alunos a serem mais observadores e curiosos. Ao refletir sobre a importância do Sol e como a sua luz é fundamental para a nossa existência, percebemos que não podemos perder a

oportunidade de discutir com os nossos alunos os diversos temas e assuntos relacionados que esse tema permite explorar. Na diversidade de fenômenos relacionados com o cotidiano que ocorrem devido à utilização da luz solar, desde a fotossíntese até a geração de energia pela biomassa ou até mesmo a energia hidroelétrica, o Sol nos abre uma infinidade de possibilidades para atuar no ensino de Ciências nas séries iniciais.

Quando observamos as estrelas no céu, explorando as constelações, podemos estabelecer ligações entre esse tema e outros, como História, Português, Matemática, entre outros. Portanto, esperamos que os assuntos abordados neste capítulo, juntamente com as conexões indicadas aos outros textos, bem como as que você consiga fazer, sejam um estímulo para ampliar os seus horizontes, em particular em um tema que é, ao mesmo tempo, fascinante e presente no cotidiano de todos nós. Afinal, uma das principais características humanas que nos levou até o nosso presente estágio de evolução foi aprender a olhar para o céu e tentar descobrir os seus mistérios.

“Ora (direis) ouvir estrelas! Certo
Perdeste o senso!”(...) E eu vos direi: “Amai para entendê-las!
Pois só quem ama pode ter ouvido
Capaz de ouvir e de entender estrelas.”
(Trecho do Soneto XII Via Láctea, de Olavo Bilac)
O trecho do Soneto de Bilac pode ser utilizado para pensar sobre as estrelas.
O que podemos entender como ouvir estrelas?

Referências

- ASTRONOMIA. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/>>.
- CANIATO, Rodolpho. **O que é Astronomia**. 7. ed. São Paulo: Brasiliense, 1989. (Primeiros Passos, 45).
- FÍSICA sem Mistério. **Ciência Hoje** on-line. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/51805>>.
- FRIANÇA, Amâncio C. S.; PINO, Elisabete Dal; Vera Jatenco S. Pereira; SODRÉ JÚNIOR, Laerte (Org.). **Astronomia: Uma visão geral do universo**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2002.
- OLIMPÍADA Brasileira de Astronomia. Disponível em: <<http://www.oba.org.br>>.
- OLIVEIRA, Adilson J A. de. **A busca pela compreensão cósmica: crônicas para despertar o interesse pela física e ciência em geral**. São Carlos: Edufscar, 2010
- SOBEL, Dava. **Os Planetas**. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

Química nos anos iniciais para integração do conhecimento

*Maria Inês Petrucci Rosa**
*Nelson Rui Ribas Bejarano***

Iniciando a conversa

Neste texto, inicialmente discutimos a respeito da formação do professor, para depois abordarmos alguns aspectos do conhecimento científico e do conhecimento escolar nas séries iniciais. Provavelmente, muitos dos profissionais que estão na sala de aula são formados em pedagogia ou numa outra licenciatura específica, ou ainda, num curso de magistério em nível médio. Nos anos iniciais de escolarização, é comum a presença de professores com sua formação inicial em Pedagogia.

Os cursos de Pedagogia no Brasil trazem sempre uma formação ampla e integrada nas áreas conhecidas como Ciências da Educação, como a Psicologia, a Sociologia, a Filosofia, a História e também os fundamentos nas áreas de ensino. Em suma, acaba sendo um currículo bastante integrado, e até interdisciplinar.

Na sua prática profissional na escola, essa formação interdisciplinar, muitas vezes, facilita a elaboração de conceitos e, também, a solução dos dilemas metodológicos específicos de cada disciplina. No entanto, ouvimos relatos de professores que se sentem preocupados, em suas práticas cotidianas, com os aprofundamentos que

* Doutora em Educação. Professora da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (SP).

** Doutor em Educação. Professor do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia.

acreditam que teriam que fazer em cada área ou disciplina, e também como, muitas vezes, não se sentem preparados para trabalhar interdisciplinarmente.

Para trabalhar com Ciências na escola, consideramos importante lembrar que a reiterada busca pela integração de conteúdos e conceitos sempre é desejada, o que implica uma preocupação constante com as relações entre modelos conceituais e linguagens, com as relações entre conhecimento científico e práticas socioculturais, com as articulações entre ética, cidadania e Ciência.

Esse foco integrado contempla, de forma muito interessante, uma educação ambiental, no sentido de despertar nas crianças reflexões, preocupações e iniciativas que considerem o contexto socioambiental contemporâneo do planeta. Hoje, não se defende o ensino de Química, por exemplo, por si mesmo, ou um ensino de forma purista e descontextualizada, mas, ao contrário, discute-se a necessária articulação entre conceitos e temas oriundos da realidade concreta da vida das crianças.

Neste sentido, a questão que colocamos é: como ensinar Química nas séries iniciais? O que podemos esperar dos livros didáticos na perspectiva de uma iniciação equilibrada em todas as áreas do conhecimento?

A disciplinarização da Ciência e o conhecimento científico escolar

Na perspectiva da História da Educação, estudiosos sinalizam que, a partir do século XIX, a organização curricular passa a *agir* no currículo como forma de controlar, ordenar os conhecimentos ensinados às pessoas e passados de geração para geração. Nesse sentido, uma disciplina não é simplesmente reflexo da Ciência pura a que corresponde, mas sim, um conjunto de conteúdos e práticas que está usualmente ligado a forças e interesses sociais sobre aquele conhecimento em determinado período (FORQUIN, 1993).

Sendo assim, as chamadas disciplinas escolares se apresentam como formas de organizar o currículo na escola, tentando garantir o tratamento de alguns conteúdos considerados consagrados como parte do patrimônio cultural de uma sociedade. No ensino de Ciências, não é diferente! Podemos exemplificar, mencionando as ênfases presentes nos atuais currículos, centradas em temas como

meio ambiente, pluralidade cultural, ética e cidadania, entre outros (BRASIL, 1998). Tais temas retratam preocupações e questões presentes no momento histórico que vivemos, no contexto de uma sociedade marcada por crises ambientais, sociais e éticas.

Do ponto de vista do currículo escolar, as disciplinas acabam se encarregando de fazer as discussões sobre esses temas, reflexos das preocupações sociais contemporâneas. A partir daí, conteúdos são selecionados como os marcadores do que é válido, legítimo e relevante se ensinar na escola, a partir do contexto sócio-cultural-político de um determinado período histórico.

Assim, disciplinas escolares podem entrar e sair do currículo, dependendo desse contexto. Como exemplos mais nítidos, podemos citar, no caso do Brasil, disciplinas como Educação Moral e Cívica e Organização Social e Política do Brasil, que estiveram presentes nos currículos da Escola Básica, articuladas ao período histórico marcado pela ditadura militar, nas décadas de 1960 e 1970. Fora desse contexto histórico, elas perderam o sentido e acabaram sendo retiradas dos currículos.

Essas reflexões são importantes para que professoras e professores da Escola Básica tenham sempre em mente que os conhecimentos ensinados na escola não nasceram com a instituição e não são transmitidos de geração em geração *porque é natural que seja assim*. É importante saber que, ao contrário disso, o que se ensina na escola sempre é determinado socialmente por uma conjuntura que se relaciona com a realidade sociopolítica do país.

Nesse sentido, ensinar Ciências se relaciona com um projeto educativo que preconiza a formação da cidadania, da autonomia e do letramento científico-tecnológico, numa sociedade onde precisamos ser mais do que “aprendizes”, precisamos aprender a ser “feiticeiros” (HOBSBAWN, 1991).

Eric Hobsbawn, importante historiador, aponta que, na atual sociedade tecnológica, há a distinção de pelo menos dois tipos de cidadãos: os aprendizes e os feiticeiros. Os primeiros são usuários da tecnologia, sem conhecer seus princípios e também seus efeitos: consomem, utilizam bens tecnológicos, mas não dominam os conhecimentos científicos. Os feiticeiros, ao contrário, conhecem a Ciência, por isso, ao consumirem os mesmos bens tecnológicos, agem de forma mais autônoma, mais crítica e mais consciente. Isso é o que diferencia aqueles que têm acesso ao conhecimento científico; por

isso, essa é uma hipótese importante para pensarmos a necessidade da educação científica no nosso país: formar cada vez mais feitores e menos aprendizes.

A Ciência passou a organizar seu currículo na forma de disciplinas a partir do século XVIII, com especial intensidade no século XX; no entanto, é importante considerarmos a ideia de que a disciplinarização do conhecimento nos anos iniciais, principalmente em Ciências, não é algo *natural* no currículo, mas sim uma escolha que a escola – como instituição moderna – fez e enraizou como tradição.

Interdisciplinaridade – noções no decorrer da história

Existem estudiosos da educação que afirmam que a interdisciplinaridade é uma questão típica do século XX, mas há evidências históricas de que essa noção já é debatida há mais tempo. Na Grécia Antiga, por exemplo, Platão já defendia uma Ciência unificada – que seria a Filosofia. Ainda na Antiguidade, os currículos se organizavam em *trivium* (ensinamentos de Gramática, Retórica e Dialética) e em *quadrivium* (Aritmética, Geometria, Astronomia e Música) – programas pioneiros de ensino integrado. Na época clássica: os gregos chamam de *paideia cíclica* ou *enciclopédia*, o conjunto de todas as Ciências. No Renascimento, Bacon também defendia a unificação do saber. No século XVII, Comênius também acreditava na existência de uma unidade de saber, que ele chama de *pansophia*. Depois... Descartes, Comte, Kant. Os enciclopedistas franceses também criticavam a fragmentação do conhecimento. No século XVIII, época do Iluminismo, a Enciclopédia é apresentada organizada em unidades de conhecimento que evidenciam uma preocupação constante de estabelecer inter-relações entre diferentes campos de saber.

A partir do século XIX, com o advento da industrialização e a consolidação de modelos econômicos capitalistas, muitas sociedades agrárias transformaram-se radicalmente em sociedades industriais e tecnológicas, o que facilitou o surgimento de novas especialidades.

O mundo do trabalho passou a produzir e demandar um perfil de trabalhador que atendesse a problemas e metodologias específicas. Nessa época, se inicia a consolidação de carreiras especializadas como campos de conhecimento.

Como já afirmamos na escola, uma disciplina escolar não é exatamente reflexo da Ciência pura a que corresponde. A cultura

e os conhecimentos escolares estão usualmente ligados a forças e interesses sociais, como, por exemplo, aqueles presentes no mundo do trabalho. Nesse sentido, no decorrer da história da escola como instituição ocidental moderna, diferentes modalidades de integração curricular vêm sendo praticadas e teorizadas, cada qual mais ou menos enfatizada dependendo do contexto social no qual a instituição escolar está inserida. Dentre essas modalidades, podemos apontar principalmente:

1. *Multidisciplinaridade*: nível inferior de integração. Para solucionar um problema, busca-se informação e ajuda em várias disciplinas, sem que a interação enriqueça cada uma delas.
2. *Interdisciplinaridade*: a cooperação ocorre entre as disciplinas com trocas mútuas, no sentido de dar pistas ou respostas a uma problemática proposta.
3. *Transdisciplinaridade*: etapa superior de integração curricular. Trata-se da construção de um sistema amplo de conhecimentos, sem fronteiras entre as disciplinas. (TORRES SANTOMÉ, 1998).

Na cultura da escola e, mais especificamente, na linguagem presente nos livros didáticos de Ciências, produzidos para os anos iniciais, a separação entre os campos do saber em disciplinas escolares pode ser percebida; por isso mesmo, acreditamos que uma abordagem interdisciplinar nesse nível de escolaridade seja possível. Existe uma expectativa na escola de que conhecimentos de Biologia, Química, Física e Geociências sejam, de alguma forma, tratados nas aulas de Ciências, mesmo com crianças muito jovens. Nossa preocupação segue na direção de que essa iniciação, nas diferentes áreas, aconteça de forma equilibrada e, principalmente, integrada.

Para que você entre em contato com um exemplo de tema que pode trazer essa abordagem interdisciplinar para o ensino de Ciências nas séries iniciais, discutiremos aqui propostas de ensino a partir da substância água. Acreditamos que, através dessa reflexão, você, com sua experiência profissional, poderá pensar, criar e vislumbrar formas de trabalhar essa noção interdisciplinarmente, fazendo um melhor uso do livro didático.

Nesse sentido, acreditamos que a escolha desse tema – água – propicie condições para um ensino de Química nos anos iniciais, não de forma isolada, mas com interações com outros campos disciplinares, que através de suas linguagens e conceitos específicos podem contribuir para ampliar o entendimento das crianças acerca de fenômenos naturais.

A água como ponto de partida para a integração das diferentes áreas do conhecimento

Dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio formam a molécula de água, uma espécie bastante estável. A reação que produz água a partir de hidrogênio e oxigênio é representada pela seguinte equação química: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$. A água tratada – considerada potável – que recebemos em casa não contém apenas moléculas de água. Nós sabemos que ela tem outras substâncias, como, por exemplo, o cloro, o flúor e também outros sais. Entretanto, considerando a polissemia propiciada pela linguagem, no dia a dia, muitas vezes falamos de *água pura* como água potável ou água limpa; mas, do ponto de vista químico, a pureza da água não é o mesmo que sua potabilidade. A água potável contém diversas outras substâncias, enquanto que a água *quimicamente* pura é constituída exclusivamente por moléculas de H_2O (ATKINS, 2000).

Que situações de ensino, envolvendo a água, poderíamos imaginar na direção de integrar diferentes áreas de conhecimento? Vamos aqui sugerir três possibilidades que foram selecionadas porque, além de possibilitarem um ensino integrador, são relacionadas com contextos socioambientais.



Figura 32: Água salgada... água quente, integrando áreas de conhecimento

I. ÁGUA SALGADA..., ÁGUA QUENTE.

Por que certos peixes do mar também podem viver algum tempo na água doce (e vice-versa)? Rio de água doce tem açúcar em suas águas?

Pense um pouco nessas perguntas antes de ler o texto:

Você já percebeu que, mesmo a temperatura do ambiente aumentando muito durante um dia, a água do mar não esquenta tanto? Você sabe por que isso acontece? Imagine o contrário: se a temperatura da água subisse muito, peixes e outros seres marinhos não poderiam sobreviver. A manutenção da vida e de todos os processos fisiológicos presentes nos seres marinhos é possível por causa de um conjunto de fatores que as áreas de conhecimento podem focalizar de formas diferenciadas. Veja que áreas de conhecimento estariam envolvidas no estudo da manutenção da vida marinha: a Física, que qualifica a água como uma substância de alto calor específico, a Biologia que estabelece a relação entre essa capacidade da água e a manutenção da fisiologia nos animais marinhos; e se quisermos estender mais, a Química e a Geociências também.

A Biologia considera que os animais de sangue frio (como os peixes) têm as temperaturas dos seus corpos diretamente relacionadas com a temperatura do ambiente. A temperatura ideal para que haja boas condições de vida deve variar entre 24,5°C e 26,5°C. A variação térmica em mares, grandes lagos e rios pode resultar na diminuição da capacidade da água de dissolver oxigênio necessário para a respiração de peixes. Para uma variação na temperatura de 16,5°C para 35°C, a concentração de saturação do oxigênio na água vai de 10 mg/L para 7 mg/L (HINRICHS; KLEINBACH, 2003). Ou seja, a disponibilidade de oxigênio para os seres aquáticos diminui em 30% quando a temperatura aumenta 18,5°C, o que não é bom porque o oxigênio é vital. Além disso, com o aumento da temperatura, as reações químicas podem ficar mais rápidas, o que leva à alteração nos padrões reprodutivos, de crescimento e de comportamento dos seres vivos, produzindo mudanças nas cadeias alimentares.

E por que em águas doces vivem alguns peixes que não são encontrados em águas marinhas? O que há de diferente na composição dessas *águas*, que leva à predominância de diferentes espécies?

É preciso considerar também que a composição química da água depende tanto de estudos sobre a presença de diferentes substâncias nela acumuladas como também da análise de solos e rochas, cujos minerais são dissolvidos, com o tempo, nessa água. As diferenças de concentração de sais minerais nos oceanos em relação aos rios intracontinentais é o que leva a essa distinção entre *água doce* e *água salgada*. Mais uma vez, a linguagem do cotidiano, nos trai ao entrarmos em contato com essa noção: aqui *água doce* não significa *água com açúcar*, mas sim com uma baixa concentração de sais minerais, comparada à água dos oceanos (chamada de *água salgada*).

Cada campo disciplinar (Física, Química, Biologia e Geociências) *olharia* ou argumentaria em torno dessa problemática – a água dos oceanos e a manutenção da vida –, trazendo diferentes conceitos e fazendo diferentes perguntas para essa situação. Esse seria um interessante projeto de pesquisa que você poderia propor aos seus alunos, estimulando a curiosidade das crianças e mediando as diferentes linguagens científicas necessárias para ampliar a compreensão do fenômeno estudado.



II. A ÁGUA QUE OS OLHOS NÃO VEEM... MAS O CORPO SENTE.

Por que uma água que seja inodora, insípida e incolor pode ainda representar perigo à nossa saúde? Mesmo a água tratada que recebemos em casa é 100% confiável e não oferece riscos a nossa saúde? Se eu e minha família temos bons hábitos de higiene bucal, mesmo assim temos que consumir flúor presente nas águas tratadas? Há algum perigo nisso?

Pense um pouco nessas perguntas antes de ler o texto abaixo.

Outra situação de ensino integrado que podemos desenvolver com os alunos é a problematização do consumo e do tratamento da água nas cidades. Química, Física, Biologia, Matemática e Geografia são exemplos de áreas disciplinares que podem oferecer conceitos para ampliar a compreensão das crianças sobre essa problemática.

Há um fenômeno estudado na Biologia chamado *eutrofização* que resulta do excesso de nitrogênio e fósforo em águas. Quando há esse excesso, proliferam-se microorganismos (algas) que são nocivos à saúde humana, além de provocarem alteração na coloração, mau cheiro e sabor na água. As algas em grande quantidade, ao se decomporem, também contribuem para a degradação do zooplâncton¹ porque consomem boa parte do oxigênio disponível na água.

Do ponto de vista da Química, que substâncias são adicionadas nas estações de tratamento à água que é captada do rio ou de uma represa, com o intuito de torná-la potável? Podemos citar algumas, como o cloro, que serve para eliminar micro-organismos patogênicos, ou ainda, flúor que serve para preservar a saúde bucal na população das cidades. Há outras substâncias também que são colocadas: algumas para favorecer a decantação do material sólido existente na água não tratada. O sulfato de alumínio é um exemplo disso, e sua ação sobre o material sólido é conhecida como floculação. Sugere-se que indique aos alunos uma pesquisa sobre cada uma dessas substâncias utilizadas no tratamento da água e o papel que cada um cumpre para deixar a água em condições de consumo.

¹ Zooplâncton é a denominação que a Biologia dá para o conjunto de organismos aquáticos que não fazem fotossíntese, que vivem dispersos na água com pouca capacidade de locomoção. A presença do zooplâncton indica a qualidade da água. Os crustáceos são exemplos de organismos presentes no zooplâncton.

Conhecimentos da Geografia seriam bastante interessantes para problematizar com os alunos a relação entre a posição dos rios, o relevo e a instalação das cidades. Como a água tratada *sai* das estações de tratamento e chega até as casas em diferentes pontos da cidade? Como o relevo e a vegetação de uma região influenciam no vigor dos mananciais?

Sem dúvida, conhecimentos de Física também proporcionarão uma melhor compreensão desse fenômeno. Conceitos como pressão, vazão, temperatura, entre outros, são do domínio da Física e podem ser abordados de forma introdutória, junto aos alunos.

Num contexto de questionamento com as crianças sobre a importância de se preservar a água tratada, estimulando um consumo sem desperdício, a professora pode solicitar que os alunos registrem durante um mês o consumo diário de água em sua casa, fazendo leituras do hidrômetro. Junto com esse registro, pode sugerir aos alunos que façam uma espécie de diário, descrevendo qual foi o tempo de banho dos habitantes da casa, se houve lavagem de quintais, quanto tempo se levou para regar as plantas no quintal ou jardim, etc. Você pode mediar a construção de gráficos com as crianças, utilizando as informações coletadas nos diários. As ferramentas conceituais necessárias para isso são, obviamente, para o campo disciplinar da Matemática. Os gráficos podem relacionar o consumo com as diferentes atividades realizadas no dia a dia (tempo gasto em banhos, tempo gasto com jardins e quintais, tempo gasto com lavagem de roupas e louças, etc.). Há disponibilidade de alguns dados médios de consumo que são importantes para discutir com as crianças, relacionando-os com atividades diárias².

ATIVIDADE	CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA
Banho de 15 minutos com registro meio aberto	135 litros
Banho de 5 minutos fechando o registro para o ensaboamento do corpo	45 litros
Escovar os dentes com a torneira meio aberta em 5 minutos	12 litros
Lavar o rosto em 1 minuto com a torneira meio aberta	2,5 litros
Barbear em 5 minutos	12 litros
Descarga de vaso sanitário (acionamento de 6 segundos)	10 a 14 litros
Descarga de vaso sanitário com capacidade para 6 litros (fabricadas a partir de 2001)	6 litros
Lavar louças durante 15 minutos com a torneira meio aberta	117 litros

² Informações disponíveis no site da Sabesp: www.sabesp.com.br

Em suma, essa é outra possibilidade de projeto de ensino integrador que também atende a aspectos importantes relacionados à formação de uma cidadania crítica, articulada à conscientização do consumo.



Figura 34: Por que pequenos insetos conseguem andar na superfície da água?

III. POR QUE PEQUENOS INSETOS PODEM CAMINHAR TRANQUILAMENTE SOBRE A SUPERFÍCIE DAS ÁGUAS?

O que acontece com a cadeia alimentar num ecossistema onde os mananciais têm água com tensão superficial alterada?

Pense um pouco nessas perguntas antes de ler o texto a seguir.

A última sugestão de projeto que mencionamos aqui se relaciona com a seguinte questão: como pequenos insetos conseguem *caminhar* sobre a superfície da água? Veja que, na figura 34, os insetos chegam a deformar a superfície do líquido. A possibilidade de os insetos poderem *caminhar* pela superfície da água, em função da existência de uma força denominada *tensão superficial*, também pode deixá-lo vulnerável a seus predadores. Alguns pássaros como o bem-te-vi, por exemplo, podem aproveitar essa situação e preda os insetos. Aqui uma abordagem de cadeia alimentar pode ser oportuna, através da Biologia.

A Física e a Química explicam esse fenômeno da seguinte maneira: no interior dos corpos de água (rios, lagos ou simples copo-d'água), as moléculas interagem entre si em todas as direções possíveis. Já na superfície desses corpos de água, a situação é diferente. As moléculas de água não podem interagir com moléculas de água acima da superfície, já que elas não existem. Vamos explicar de outra forma:

A água é uma substância interessante que, por ter cargas elétricas parciais em sua estrutura molecular, pode formar, com as outras moléculas de água, uma interação elétrica, conhecida como pontes de hidrogênio. O oxigênio na molécula fica parcialmente carregado negativamente e os dois hidrogênios ficam também carregados parcialmente de cargas positivas. A molécula de água vizinha também está em situação elétrica semelhante. Isso possibilita que haja uma atração elétrica entre as moléculas. De maneira que toda a água que vemos em um copo-d'água, por exemplo, está ligada eletricamente, formando uma grande rede de moléculas de água. Se pensarmos nessas interações elétricas no limite entre a água e o ar, então surge o fenômeno de tensão superficial. Não há outras moléculas de água acima da fronteira até onde o líquido vai e encontra o ar atmosférico. Dessa maneira, então, o comportamento das moléculas de água que estão nessa fronteira sofre uma força tentando compensar a inexistência de outras moléculas de água além da superfície. Essa tensão (ou força) gerada é que vai resultar nessa possibilidade de pequenos insetos caminharem sobre a superfície da água.

Rios ou mares poluídos têm alterações na tensão superficial de suas águas. Converse com seus alunos sobre isso, construindo novas perguntas sobre essa situação: O que ocorre com a cadeia alimentar num ecossistema onde os mananciais têm águas com tensão superficial alterada? Como os poluentes agem?

Conclusão

Espera-se que um livro didático de Ciências apresente uma iniciação equilibrada em todas as áreas do conhecimento. Isso representa mais do que trazer nomes e definições das diferentes áreas para que as crianças memorizem ou arquivem em suas memórias. Trabalhar integradamente temas que tenham relevância sociocultural é a saída para essa almejada iniciação equilibrada. As diferentes áreas disciplinares que compõem as Ciências escolares estão subliminarmente presentes nos livros didáticos, com suas linguagens, modelos e visões específicas. Acreditamos que a integração entre esses diferentes conhecimentos torna mais denso o processo de enculturação científica.

Enfim, um mundo se abre à sua frente. Um mundo chamado Ciências, que precisa ser entendido num contexto da História, da Filosofia e nos contextos específicos de cada uma das Ciências. Não precisamos ter medo de ensinar Química nos anos iniciais para melhor entender o mundo em que vivemos. Quando tratamos dessa Ciência, estamos nos remetendo a uma difícil trajetória de construção de conhecimento, mas plenamente possível, onde diferentes áreas tiveram papéis fundamentais. Mãos à obra!

Referências

ATKINS, P. W. **Moléculas**. Tradução Paulo Sérgio Santos e Fernando Galenbeck. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental**. Brasília, DF: Secretaria do Ensino Fundamental, 1998.

FORQUIN, J.-C. **Escola e Cultura**: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar. Porto Alegre: ArtMed, 1993.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e Meio Ambiente**. 3. ed. Tradução da edição americana F. M. Vichi e L. F. Mello. Pioneira, 2003.

HOBSBAWN, E. J. **A Era dos Extremos**: uma breve história do século XX. 10. ed. Tradução Marcos Santarrita. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

TORRES SANTOMÉ, J. **Globalização e Interdisciplinaridade**: o Currículo Integrado. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

Ensinar ciências através da história

Mitos e meandros na construção do conhecimento

*Francis Albert René Dupuis**

*Antonio Carlos Pavão***

As descobertas feitas em colaboração não se dividem, mas, ao contrário, se compartilham, um processo que é mais enriquecedor do que a divisão. (Ricardo Ferreira in *Watson & Crick: a história da descoberta da estrutura do DNA*)

Este artigo detalha aspectos no desenvolvimento da Teoria da Evolução como um exemplo de que a construção do conhecimento é uma obra coletiva, fruto do trabalho de muita gente, não apenas dos pesquisadores ou daquele que *leva a fama*, mas de diversos trabalhadores, técnicos, estudantes, familiares, etc. Não se pode personificar uma descoberta ou uma teoria, achando que é obra de uma única pessoa, que certo dia despertou, teve uma ideia brilhante e de repente fez uma grande descoberta. É preciso combater a disseminação desse mito na Ciência. Trata-se de uma visão equivocada da história, baseada numa ideologia individualista e competitiva, em que o indivíduo é o único responsável pelo seu sucesso ou insucesso. Não se trata aqui de negar as contribuições individuais, mas apenas de reconhecer que a construção do conhecimento é resultado de um processo histórico, coletivo, com as contribuições se somando ao longo do tempo e levando a um aperfeiçoamento cada vez maior do saber. É como na construção

* Espaço Ciência, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco.

** Professor do Departamento de Química Fundamental da Universidade Federal de Pernambuco.

de um edifício: uns planejam, outros preparam as bases, outros tantos assentam tijolos, pintam, decoram, e enfim o edifício fica pronto, mas ainda poderá sempre ser retocado e melhorado. Einstein pode ter levado a fama pela formulação da teoria da relatividade, mas não se pode esquecer Poincaré ou Lorentz, por exemplo, que também deram contribuições fundamentais a esta teoria. Hoje, pelo conjunto de contribuições dos diversos pesquisadores naquela época, não seria difícil convencer um físico de que, independentemente de Einstein, a teoria da relatividade seria de nosso conhecimento, sem negar a importância do indivíduo nesta história, considerando verdadeiros mestres que bem souberam criar, embasar e difundir suas teorias. Além disso, a teoria da relatividade só pôde aparecer após o desenvolvimento de teorias sobre espaços multidimensionais e outros avanços em Matemática e Física. Da mesma forma, podemos ousar dizer que se Darwin não tivesse formulado sua teoria, mesmo assim hoje ela existiria. Para ilustrar este caráter coletivo na criação científica, detalharemos o exemplo da Teoria da Evolução, por ter sido 2009 o ano da comemoração de Darwin (200 anos de seu nascimento e 150 anos da publicação de seu famoso livro *Origem das Espécies*) e por ser um assunto ainda polêmico para o grande público. Entretanto, a mesma constatação pode ser feita em relação a muitas outras descobertas ou evoluções do pensamento científico. Como exemplos ilustrativos, mas que não serão tão detalhados, citaremos ainda, em quadros destacados neste artigo, algumas etapas do movimento das ideias sobre três outros casos: a teoria da luz, a resolução das equações e a teoria atômica. Em alguns casos, ocorreram disputas acirradas sobre autorias, mas em todos os casos, ao se estudar as raízes das grandes evoluções científicas, é impressionante ver que o esboço dos conhecimentos mais modernos era discutido já na antiguidade, especialmente entre os gregos, sem falar de contribuições da ciência árabe ou Oriental, e passou ao longo dos anos por debates prolongados entre visões muitas vezes complementares.

Ensinar Ciências através da história, mostrando que o conhecimento é um processo de acumulação, é um caminho bastante atraente, que envolve o aluno numa aventura empolgante, facilitando e embasando o aprendizado, mas, sobretudo, estimulando-o a se aprofundar no tema e também oferecer suas contribuições. Assim, é fundamental que todos, mestres e alunos, tenham a real dimensão de que a descoberta também tem sua história, e que sempre é

muito interessante. Quando se descortina o processo histórico da construção de um conceito científico fica muito mais fácil sua compreensão e sua utilização. Apropriando-se dessa forma do conceito científico, os alunos estarão naturalmente estimulados para novas descobertas, estarão eles próprios, como alunos-cientistas, contribuindo para o aperfeiçoamento de nossa visão acerca do mundo e seus fenômenos. É como já dizia Bernardo de Chartres, no século XII, “somos como anões erguidos sobre os ombros de gigantes...”. Citação atribuída a Bernard de Chartres por João de Salisbury no volume III do seu *Metalogicon* (cerca de 1175).

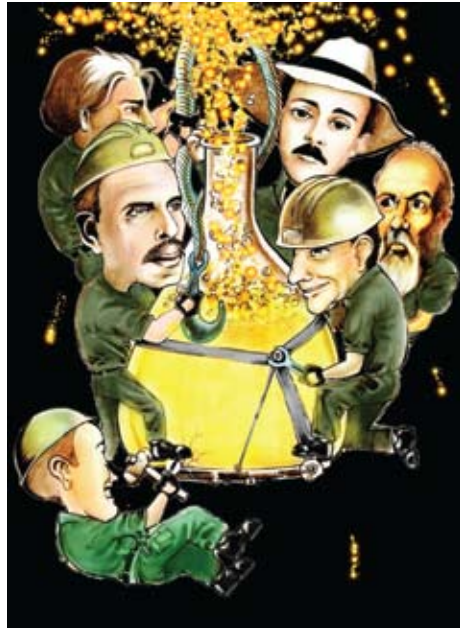


Figura 35: Ciência, uma construção coletiva

Evolução, um conceito evolutivo

Vamos usar a Teoria da Evolução para detalhar um pouco mais a concepção da construção histórica e coletiva do conhecimento científico. Quando se fala da teoria da Evolução, se pensa imediatamente em Darwin, da mesma forma que são imediatamente associadas, nas nossas mentes, a Relatividade com Einstein, a Gravitação Universal com Newton ou, com o nome de Pitágoras, a célebre propriedade característica do triângulo retângulo. A data de 1858, primeira divulgação pública da teoria por duas comunicações de Darwin e Wallace, foi, de fato, um momento essencial, mas não se pode falar, entretanto, num período *pré-Darwin*, onde todos acreditavam na presença de espécies fixas desde o início dos tempos, e um *pós-Darwin*, a partir de 1858, onde todos, milagrosamente, fossem convencidos, adotando os termos atuais da Evolução pela seleção natural. A história começou bem antes, alternando avanços e recuos, verdades esquecidas e reencontradas,

cegueira momentânea e iluminações às vezes baseadas em falsas razões; e há ainda muitas páginas a escrever...

O próprio Darwin, com uma grande objetividade, apresentou, a partir da terceira edição do seu livro *Sobre a origem das espécies*, uma introdução histórica onde ele lista nada menos do que 30 contribuidores que contestaram a ideia de espécies fixas, desde Buffon, no século XVIII, até a primeira edição do seu livro, em 1859. E mais, numa segunda versão ampliada do seu histórico, em 1872, o próprio Darwin, para pôr um termo a uma briga com o naturalista Owen, não reivindica a anterioridade do conceito de evolução pela seleção natural, atribuindo a dois outros autores, hoje esquecidos, o primor da descoberta: W. C. Wells e Patrick Matthew. O primeiro, médico inglês, publicou, em 1813 (Charles Darwin tinha quatro anos), uma comunicação onde ele aponta que os negros e pardos desenvolveram resistência a algumas doenças tropicais que atingiam os brancos, explicando o fato pelo mecanismo da seleção natural. O segundo, um naturalista escocês, enuncia, em 1831, o princípio geral de evolução pela seleção natural num livro consagrado à engenharia florestal.

Mas o caminho não começa, também, com Wells e Matthew. Darwin destaca, naturalmente, a contribuição de Lamarck, nos primeiros anos do século XIX:

Nesses trabalhos, defende a tese de que todas as espécies, inclusive a humana, descende de outras. Deve-se a ele, em primeiro lugar, o eminente serviço de haver despertado a atenção para a probabilidade de que as modificações, tanto do mundo inorgânico como do orgânico, fossem o resultado de leis, e não de intervenções miraculosas. [E em seguida:] Com respeito ao modo pelo qual se operam essas modificações, atribuiu alguma importância à ação direta das condições de vida, também alguma ao entrecruzamento das formas já existentes, e grande importância ao fator uso-e-desuso, ou seja, aos efeitos do hábito. É este fator que ele parece considerar como a causa de todas as adaptações espetaculares criadas pela Natureza, tais como o pescoço comprido da girafa, que seria assim devido à necessidade deste animal de alcançar as folhinhas tenras nos altos galhos das árvores. (DARWIN, C. "Esboço histórico do progresso da opinião acerca do problema da origem

das espécies, até a publicação da primeira edição deste trabalho”, in *Origem das Espécies*, Londres, 3a. edição de Abril 1861, p. Xiii, página 26 da versão brasileira, citada na bibliografia).

Entre as dezenas de exemplos citados por Lamarck, tinha nascido a carreira midiática da famosa girafa, que ia servir como ilustrações famosas nos livros didáticos... Ao contrário do que muitos contam, Darwin compartilhava com Lamarck a ideia de certa hereditariedade nos caracteres adquiridos. O que ele não suportava nas teorias de Lamarck era a ideia de uma tendência ao progresso e à complexificação dos seres, considerações que não passavam, segundo ele, de especulações metafísicas. “O céu me proteja”, escreve Darwin a Hooker, “do absurdo de Lamarck em relação a uma ‘tendência ao progresso’, e ‘adaptações emergindo de uma lenta vontade dos animais’...”.

Na mesma introdução, Darwin prossegue, citando a convicção de Étienne Geoffroy Saint Hilaire, publicada em 1828, apontando que teria começado a pensar, desde 1795, “de que as espécies, como as denominamos, não passariam de variações em torno de um mesmo tipo original”. E numa nota, voltando mais ao passado, ele menciona as visões semelhantes de Goethe, na Alemanha, e do seu próprio avô, Erasmus Darwin, autor da *Zoonomia*, em 1795: “É curioso observar como o meu avô, o Dr. Erasmus Darwin, aproximou-se das conclusões de Lamarck, antecipando-as e cometendo os mesmos enganos daquele naturalista...”.

Zoonomia, sobre a qual, numa pequena autobiografia publicada em 1881, ele dirá todavia:

É bem verdade que essa obra me havia causado grande admiração quando a li pela primeira vez; relendo-a 14 ou 15 anos depois, fiquei bastante decepcionado com a enorme proporção de idéias teóricas, em relação ao pequeno número de fatos passíveis de demonstrá-los. (DARWIN, C. R. “Esboço autobiográfico”, in **Origem das Espécies**, 6a edição em alemão, Stuttgart, 1882, p. 13).

Na primeira versão do esboço histórico, Darwin, depois de desqualificar rapidamente Buffon como pioneiro das ideias sobre a origem das espécies, dizendo que “suas opiniões variaram enormemente

de uma época para outra” e “ele não aborda a fundo as causas ou os meios referentes à transformação das espécies”, confessa a sua ignorância em relação às contribuições anteriores. Na segunda versão, ele junta apenas uma nota citando Aristóteles (um paradoxo, quando se pensa que Aristóteles foi o pilar sobre o qual a Igreja baseou a sua argumentação sobre a fixidade das espécies) Darwin, C. R. “Esboço histórico do progresso da opinião acerca do problema da origem das espécies, até a publicação da primeira edição deste trabalho”, in *Origem das Espécies*, página 26:

Todavia, [os dentes] não foram feitos para tais finalidades, sendo assim como são por mero acidente. O mesmo pode ser dito quanto às outras partes do corpo, que também parecem possuir adaptação a um determinado fim. Por conseguinte, onde quer que todas as partes de um certo conjunto parecem ser constituídas como se feitas para alguma finalidade específica, o que foram é preservadas. Essa constituição adequada, na realidade, decorre tão-somente de alguma espontaneidade interna. Já as que não foram assim constituídas, estas desaparecem e ainda estão desaparecendo (Aristóteles, *Physicae Auscultationes*, livro II, cap. 8, citado por Darwin, C. R. “Esboço histórico do progresso da opinião acerca do problema da origem das espécies, até a publicação da primeira edição deste trabalho”, in *Origem das Espécies*, nota 1, página 26).

Mas Darwin prossegue logo: “Vemos aqui delineado o princípio de seleção natural. Mas que Aristóteles não chegou a compreendê-lo na sua totalidade, isso pode ser visto em suas observações a respeito da formação dos dentes”. (Darwin, C. R. “Esboço histórico do progresso da opinião acerca do problema da origem das espécies, até a publicação da primeira edição deste trabalho”, in *Origem das Espécies*, nota 1, página 26).

O acaso e a necessidade

Na verdade, vários foram os filósofos, desde muito cedo, que pensaram o vivo em termos de evolução, baseando esta ideia sobre observações acessíveis a qualquer espírito curioso: a seleção humana sobre as plantas e os animais, praticada desde os primórdios

da agricultura, mostrando já efeitos perceptíveis na escala de uma vida humana, a grande proximidade de algumas espécies, ilustrando umas possíveis variações divergentes... Para quem olha antes de tudo a natureza, não é a permanência, mas a constante evolução que predomina: aliás, ao contrário das grandes religiões baseadas num livro sagrado

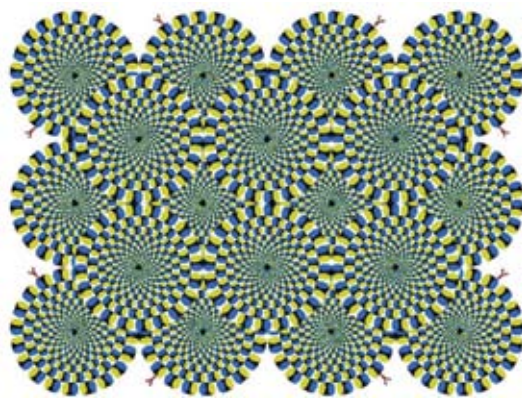


Figura 36: Tudo se transforma

(Judaísmo, Cristianismo e Islamismo), as concepções filosóficas orientais do Budismo, do Taoísmo, integram o conceito de uma evolução permanente.

Mais perto de nós, nas fontes da filosofia ocidental, vários filósofos gregos defendiam concepções semelhantes, propícias à ideia da evolução. “Tudo flui”, proclamava Heráclito de Éféso (*Peri Phuseos, da Natureza*), há mais de 2.500 anos.

“Nada nasce, nem perece, mas umas coisas já existentes se combinam, e se separam de novo”, respondia em eco, poucos anos depois, Anaxagoras de Clazómenes (*Peri Phuseos, Da Natureza*), fragmento 17, um filósofo atomista da Iônia. Em outros termos, “nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, aforismo frequentemente e equivocadamente atribuído a Lavoisier.

Empédocles (*Peri Phuseos, Da Natureza*), fragmentos, em seguida, lança umas hipóteses curiosas sobre a origem dos animais e do homem. Trata-se mais, na verdade, de algumas afirmações mitológicas do que do resultado de uma observação experimental: “Caras esboçadas brotaram sem ser ligadas a nenhum pescoço; braços vagueavam sem ombros, olhos privados de testas...”. Tais membros esparsos ter-se-iam associado ao acaso, produzindo no início uma variedade de monstros, até conseguir as formas atuais, por um efeito de seleção. Leucipo, mestre do atomista Demócrito, 30 anos depois, escrevia: “Nenhuma coisa vem a ser sem causa, mas tudo é objeto de uma lei, sob a exigência da necessidade”.

Lucrécio (*De natura rerum, Da natureza das coisas*), quase 400 anos depois, seguia os passos dele, por ser defensor de um sistema de espécies distintas; apontava, entretanto, com clareza, o mecanismo que, mais tarde, Darwin iria divulgar na sua teoria da seleção

natural. Nascendo por uma combinação aleatória de átomos escapando de qualquer projeto, as espécies são selecionadas pelas suas capacidades de sobrevivência. No seu famoso livro *De natura rerum*, Lucrecio afirma: “Muitas espécies deveram perecer sem ter tido a possibilidade de se reproduzir e deixar uma descendência. Todas essas que você veja respirar o ar vivificante, é a rusa ou a força, ou ainda a velocidade que preservou-as”.

Entretanto, tinha se afirmado no mundo grego um outro modo de pensar, que ia dominar o Ocidente: as concepções de Aristóteles, depois das platônicas, privilegiavam uma visão estável do mundo, com modelos fixos, preexistentes. E isso ia entrar em ressonância com os textos sagrados judeu-cristãos, fazendo de Aristóteles, reinterpretado por Tomas de Aquino, o



Figura 37: Nasir ad-Din Tusi: uma idéia da seleção natural no mundo islâmico

Magister, a única referência tolerada pela Igreja até o século XVIII: o mundo ocidental ia se fechar por mais de dois mil anos.

Durante o mesmo período, algumas partes do mundo islâmico escapavam da censura religiosa no assunto. Nasir ad-Din Tusi, nascido em 1202 em Tus, no atual Irã, descreve uma evolução progressiva de uma matéria primitiva aos minerais, dos minerais aos vegetais, depois aos animais e ao homem, chamando a atenção sobre a adaptação ao ambiente, e detalha uma concepção evolucionista integrando a ideia da seleção natural:

Os organismos que podem adquirir os novos dispositivos são mais variáveis. Em consequência, eles ganham vantagens em relação às outras criaturas [...] Os corpos mudam em razão das interações internas e externas [...] A razão é o dispositivo mais salutar dos animais. Por causa da razão, eles podem aprender coisas novas, e adotar novas capacidades não-natas [...] isso constitui um ponto mais elevado de desenvolvimento no mundo animal.

O tempo das trevas

Mas, no Ocidente, o silêncio reinava. Quem expressava, sobre a origem das espécies, ideias divergentes da leitura textual da Bíblia devia abjurar ou morrer. Herdeiro da contestação nascida com o Renascimento, o matemático italiano Girolamo Cardano foi condenado, aos 70 anos, em 1571, a pagar 1.800 escudos de ouro, passou dois meses na cadeia e teve que abjurar. Proibido de dar palestras, ele foi expulso da Universidade de Bologna. Entre outros *crimes*, ele tinha apresentado, no seu tratado *De subtilitate rerum*, publicado em 1552, uma interpretação evolucionista da natureza. A obra ficou no *Index* das publicações proibidas pela Igreja Católica até 1966, ano em que a prática caiu em desuso. A condenação, desta vez, foi mansa... Menos sortudo, ainda em 1619, o frei Giulio Cesare Vanini teve a língua cortada, foi estrangulado e jogado na fogueira, por ter afirmado, entre outros, princípios análogos aos da evolução, defendendo que o homem é parente do macaco.

Até meados do século XVIII, deixando de lado as teorias de alguns precursores esquecidos, a explicação oficial da origem das espécies era, então, muito simples: conforme a Bíblia, as espécies foram criadas diferentes por Deus, e se mantiveram idênticas ao longo dos tempos. É o chamado *fixismo*. Mas, naquela época, o poder da Igreja, por ser ainda considerável, já tinha sofrido umas derrotas. Na Inglaterra, na França, na Alemanha, os filósofos erguiam a cabeça: na Astronomia, depois das contribuições de Kepler, Galileu, Descartes e Newton, o triunfo da explicação científica contra a leitura textual das Escrituras tinha aberto uma brecha, convidando os espíritos esclarecidos a questionar também as afirmações das Escrituras nas outras áreas. E o dogma, na área da Biologia, começava a apresentar falhas importantes em relação às descobertas recentes...

Falhas no edifício

A primeira pedra foi atirada pelos geólogos. A observação das camadas geológicas induz, para a idade da Terra, um tempo muito maior do que os seis mil anos da Bíblia. Buffon avaliou em cem mil anos, depois em três milhões de anos, antes de voltar para números menores. Como ressaltava Darwin, Buffon mudou muito de opiniões.

Grande divulgador, deve-se reconhecer que ele sacrificou algumas vezes a coerência e o rigor ao que chamaríamos hoje de sucesso midiático, muito preocupado com a sua situação na Corte e na opinião pública. Ele chegou, todavia, a afirmar também o parentesco entre o homem e o macaco. Ousadas que lhe valeram ameaças da Universidade em 1781, mas ele se saiu relativamente bem, com uma simples promessa de contrição.

Outra pedra no jardim dos criacionistas foi a descoberta dos fósseis. Se a Igreja ainda conseguia explicar que os dinossauros correspondiam às descrições do Leviatã ou de outros seres míticos relacionados na Bíblia, era mais complicado aceitar o fato de que algumas espécies podiam aparecer ou desaparecer ao longo do tempo, esquema pouco compatível com a criação descrita no Gênesis. No seu *Discurso sobre as Revoluções na Superfície do Globo* (1812-1825), Georges Cuvier tentou uma resposta, chamada de *catastrofismo*: aconteceram várias catástrofes, com várias criações sucessivas, quando a Bíblia só relatou o dilúvio. Mas isso não explicava bem um fato que vários naturalistas da época apontavam graças aos fósseis: a gradação das formas ou a proximidade entre umas espécies extintas e as espécies atualmente vivas. Para integrar esta observação, alguns geólogos como Charles Lyell defendem para a formação da Terra, uma evolução lenta, progressiva, permanente, cujas forças ainda são atuantes.

A Geologia será uma das contribuições que mais influenciaram o caminho de Darwin. Ele recebeu os *princípios da Geologia* de Charles Lyell, ao embarcar no *Beagle*, em 1831, e imediatamente seduzido pela metodologia do autor, sempre o considerou como o seu mestre. Adotou então cegamente a posição dele contra os *catastrofistas*, fato que ia colocar a sua teoria numa grave contradição, como veremos mais adiante.

Ideias novas

Um outro elemento decisivo no edifício intelectual que ia produzir a *Origem das espécies* também nasceu no final do século XVIII, numa área a princípio bem distante da Biologia. É que o desejo de modernização das economias, o questionamento da antiga organização social, leva a especular sobre economia, estatística, demografia, fenômenos sociais.

Adam Smith publica, em 1776, *Uma investigação sobre a natureza e as causas da riqueza das nações, 1776, livro IV, capítulo 2*. Acessível em português no endereço: <http://www.gutenberg.org/etext/3300>, onde ele teoriza os princípios do liberalismo: “Assim, o mercador ou comerciante, movido apenas pelo seu próprio interesse egoísta, é levado por uma mão invisível a promover algo que nunca fez parte do interesse dele: o bem-estar da sociedade”. Nesta descrição, não se estuda mais um fenômeno localizado, com relações simplórias de causalidade, mas a ação estatística de muitas causas elementares, produzindo um resultado global, a princípio inesperado: da ação de milhares de comerciantes, buscando maximizar cada um o seu lucro individual, devia resultar uma melhoria geral nas condições de vida de todos. Em dois ensaios de 1798 e 1803, Thomas Malthus, por sua vez, defende a impossibilidade de uma melhoria social, apontando que os recursos, seguindo um crescimento aritmético, nunca serão suficientes para populações que, no mesmo tempo, crescem de forma geométrica.

O princípio da *mão invisível* na obra na Teoria da Evolução, a lei última que Darwin procurava, desde 1837, para dar conta da evolução constatada na sua viagem do Beagle se achava na obra de Malthus, que ele leu, por acaso, em outubro de 1838: a seleção natural, a competição criada pela limitação dos recursos. É a mesma fonte que iria influenciar, também, Alfred Russell Wallace, copublicador dos artigos fundadores sobre a teoria da evolução pela seleção natural. Portanto, é muita gente, na verdade, para construir a Teoria da Evolução...

Mesmo deixando de lado Lucrécio e os atomistas gregos, bem como todos os outros precursores anteriores ao século XVIII, por terem feito muitas afirmações teóricas, ou baseadas em observações muito reduzidas, que provavelmente não foram conhecidas dos seus sucessores, ainda é impossível resumir a Teoria da Evolução ao *mero* trabalho de Charles Darwin. Ela dependeu da maturação, naquele local e naquela época, de uma série de fatores: enfraquecimento dos dogmas antigos, e da ideia mesma de dogma, tolerância relativa da sua época e do seu país em relação às ideias novas na Ciência, descobertas da Geologia, aparição de pensamentos de natureza estatística, consenso de vários cientistas do seu tempo apontando as falhas do fixismo...

O que Darwin trouxe

Darwin foi muito atento nas observações e serve de exemplo a ser seguido no ensino das Ciências. A investigação de qualquer objeto ou fenômeno, por mais simples que seja, requer uma observação cuidadosa, além do registro o mais completo possível. Darwin (Caderno C: Transmutation of species (1838/02-1838/07)] acessível em: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?viewtype=side&itemID=CUL-DAR122.-&pageseq=67>) acumulou um material imenso sobre as espécies e as regiões, as mais diversas, e percebeu, desde 1837, as implicações últimas da sua teoria: “Mas o ser humano, o maravilhoso ser humano, é uma exceção... Não, ele não é uma exceção”, escrevia ele no seu caderno clandestino C, como para se convencer de uma conclusão tão ousada. “É como confessar um crime”, dirá ele numa outra frase celebre dos seus cadernos secretos. Imaginando, desde 1838, as reações imediatas que iam se desencadear na publicação do seu trabalho, ele pesquisou minuciosamente para reforçar a sua conjectura por uma multidão de observações. Sábia precaução: em 1844, Darwin estava quase pronto para publicar um livro sobre a evolução pela seleção natural, quando o lançamento na Inglaterra do livro anônimo *Os vestígios da criação*, defendendo teses evolucionistas, sem grande fundamentação científica, provocou um imenso sucesso na opinião pública, e uma reação acirrada da parte das autoridades religiosas. Darwin, então, continuou clandestinamente o seu trabalho por mais 14 anos. E a sua primeira publicação ainda foi precipitada em 1858, porque se não fosse a ajuda inteligente dos seus amigos Hooker e Lyell, ele perderia a anterioridade para Alfred Russell Wallace. Nova prova de que a ideia já estava *no ar*.

Mas faltava na sua teoria, como na teoria de Lamarck, uma explicação clara das forças escondidas nas variações das espécies, que iria explicar cientificamente as raízes da evolução. Neste ponto, vale a pena lembrar que o campo dos evolucionistas venceu, entre outros, graças ao apoio dos partidários da Teoria da Geração Espontânea. Poderia parecer um pouco inconveniente no nosso olhar de hoje, mas o assunto ainda estava em grande debate na época: vários cientistas afirmavam que organismos simples, ou mesmo baratas ou ratos, podiam nascer espontaneamente num recipiente fechado onde se colocavam alguns pedaços de pano. Pelo menos, Darwin sempre teve o mérito de dizer que não sabia dos mecanismos escondidos da

variabilidade, quando Lamarck, por exemplo, adotou, sem verificação, a opinião geral dos criadores da sua época, segundo a qual um caráter possuído pelos dois pais devia se transmitir automaticamente para a sua descendência.

A teoria de Darwin ainda devia passar por várias turbulências: por ser fiel demais a Lyell, e exigir uma continuidade e uma progressividade das transformações, sofreu grandes contradições por parte dos primeiros geneticistas, logo no final do século XIX, quando descobriram as mutações, saltos brutais de uma forma de vida para outra. Só nos anos de 1940 a teoria sintética da evolução conseguiu a harmonia entre essas ideias aparentemente antagônicas – teoria confirmada, no essencial, pelas descobertas posteriores sobre o DNA –, abrindo ainda o caminho para novas interpretações mais amplas: mais alguns degraus na espiral do conhecimento...

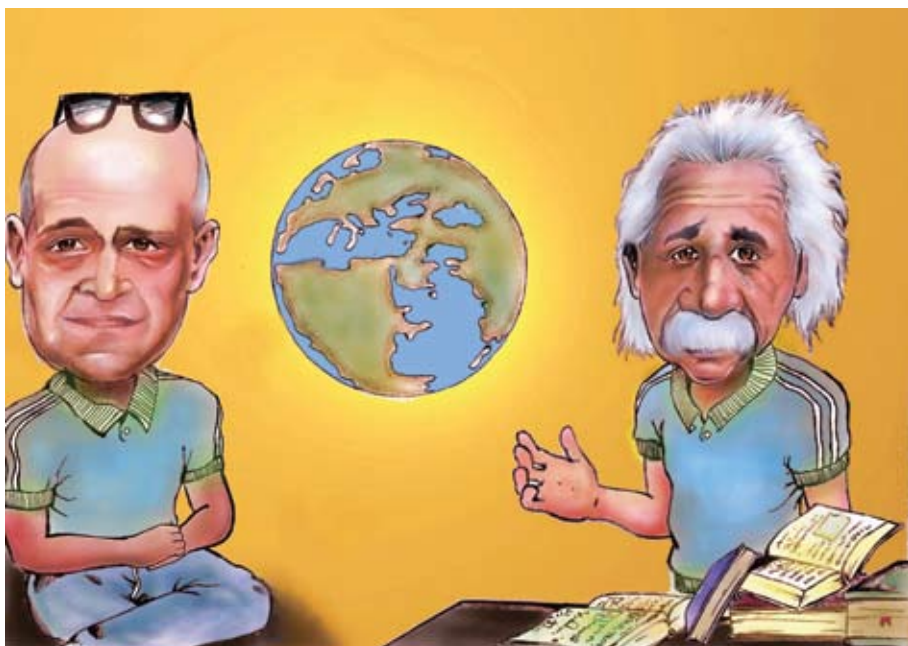


Figura 38: O cientista que ri e o que chora

Outros exemplos...

Nos quadros a seguir, encontram-se três breves relatos ilustrando como a construção de conceitos científicos envolve a participação de diferentes pessoas e instituições.

OS ESTRANHOS CAMINHOS DA LUZ

Até chegarmos ao conceito dual ondulatório e corpuscular aceito atualmente, surgiram várias teorias sobre a propagação e a natureza da luz. Considerada no início como o encontro entre uma pele imaterial do objeto e uns eflúvios oriundos do olho, depois como o encontro entre o fluxo dos fogos da visão e o fluxo dos objetos, segundo Euclides, a visão era, de acordo com Aristóteles, resultado do atrito entre a esfera do fogo e a esfera do éter. Posteriormente, enquanto o árabe Al-Kindi estudava os espelhos ardentes, com os quais Arquimedes supostamente incendiava a frota romana, Al Hazen procurava a própria natureza física da luz. Usando o método experimental, mostrou que a luz se propaga em linha reta, demonstrando as proposições de Euclides acerca da semelhança com os rebatimentos de uma bola e fundando a concepção corpuscular da luz. Mas permanecia uma contradição entre a propagação de móveis atravessando o vácuo, de um lado, e o mundo cheio (éter) de Aristóteles ou a versão do Gênesis, onde a luz é separada das trevas no primeiro dia enquanto as luminárias são criadas ao quarto dia. Para resolvê-la, Roberto Grossetête (1168-1253) cria a noção do lumen, um fluido que se propaga no éter na forma de pequenas ondas: é a primeira visão ondulatória da luz. Mas se trata, sobretudo, de uma explicação metafísica: a prática experimental dos Árabes se perdera. Só vai surgir de novo com os renascentistas: Francis Bacon, Galileu, Kepler... Se Galileu tenta, sem sucesso, uma medição da velocidade da luz, parece que Descartes vai acreditar numa luz globulosa e instantânea, antes que Römer conseguisse estimar a velocidade da luz em 1676. Newton, em 1707, elabora uma teoria onde a luz é formada de corpúsculos cujo tamanho depende de sua cor, o que explica as refrações diferentes de luzes de cores diferentes, combatendo a vibração do éter concebida por Huyghens. O início do século XIX vai ver o triunfo da concepção ondulatória da luz, com a experiência das fendas de Young (1801) e a experiência de Fresnel, em 1821, mostrando que as vibrações são transversais à direção de propagação.

Maxwell, finalmente, escreve em 1865 as equações, caracterizando a luz como uma onda eletromagnética. Só que, desde 1839, tinha sido evidenciado por Antoine Becquerel o efeito fotoelétrico, a capacidade de emitir cargas elétricas elementares sob a ação da luz. Descrito pelo físico Heinrich Rudolf Hertz em 1887, ele foi explicado por Einstein em 1905, como a absorção de um quantum de energia (o corpúsculo de luz previsto por Planck em 1900): o aspecto corpuscular estava voltando... Mas, em 1924, Louis de Broglie demonstrou a natureza dual, corpuscular e ondulatória da luz, um conceito aceito e bem descrito atualmente pela mecânica quântica. Vejam só quantos caminhos foram trilhados até chegarmos à moderna teoria da luz!

EQUAÇÕES: O "X" DA QUESTÃO

A história das equações poderia constituir a trama de uma novela histórica onde não faltam mistérios, traições e personagens pitorescos: os babilônios dominavam vários tipos de equações do segundo grau, bem como, séculos depois, o grego Diofanto de Alexandria (século III). No século VIII, o árabe Al Khwarizm recupera e sistematiza este conhecimento presente no Oriente Médio, dando a solução de todas as equações de segundo grau. Três séculos depois, o matemático-poeta Omar Khayyam se lança na conquista das equações de grau três por um caminho geométrico, enquanto Al-Karaji e Al-Samaw'al estudam os polinômios, fornecendo uma base para que Al-Tusi, no século XIII, classificasse as equações segundo o número das raízes positivas, identificado pelos coeficientes.

No Renascimento, Scipione dal Ferro descobre, em 1515, o método de resolução das equações do terceiro grau e, no seu leito de morte, confia o segredo ao seu aluno Antonio Maria Fior.

Este último propõe um desafio ao matemático Niccolo Fontana Tartaglia (o Gago), que tinha conseguido, independentemente, a solução.

Os dois se confrontam com 30 equações: Fior só consegue resolver 10 delas, quando Tartaglia consegue todas, ganhando o desafio. O médico e astrólogo Girolamo Cardano suplica a Tartaglia para lhe revelar o segredo, querendo publicá-lo no livro que ele preparava: *Ars magna*. Tartaglia entrega a solução, em troca da promessa de apresentá-lo ao príncipe de Milão, mas impõe a condição expressa de manter o sigilo. Só que, em 1544, Cardano descobre o caderno de Scipione dal Ferro, e se sente à vontade para publicar o método, gerando uma viva polêmica com Tartaglia.

Em seguida, Ludovico Ferrari, aluno de Cardano, publica a resolução da equação de grau quatro, e Bombelli sistematiza a busca das soluções pela criação do que hoje chamamos números complexos. As equações do quinto grau oferecem mais resistência, até os anos de 1770, quando Vandermonde e Lagrange começam uma outra abordagem, pesquisando, como Al-Tusi, sobre as relações entre os coeficientes e as raízes. Em 1799, Gauss demonstra que uma equação de grau n admite n raízes (eventualmente complexas). Pouco depois, Ruffini estabelece que as equações de grau cinco não têm, em geral, soluções por fórmulas usando radicais, resultado ampliado por Cauchy, mas sofrendo de uma falta de rigor. Em 1826, Abel confirma este resultado no caso das equações de grau superior a cinco, mas o método ainda sofre imperfeições. É o jovem matemático e revolucionário Evariste Galois que vai redigir, de 1830 a 1832, antes da sua morte em duelo aos 21 anos, várias monografias estabelecendo as bases da teoria geral das equações resolúveis por radicais. Quanta gente em busca do "x"!

DAS BOLINHAS À FUNÇÃO DE ONDA, UMA PEQUENA HISTÓRIA DO ÁTOMO

Há mais de 2.500 anos, os gregos Demócrito e Epicúrio já defendiam a ideia de que a matéria era formada de átomos. Indivisíveis, eles se combinavam ao acaso, no meio do vácuo, para formar a variedade dos corpos.

Entretanto, tal teoria não agradava a Platão e Aristóteles, tanto pela presença do vácuo como pelo papel deixado ao acaso. Platão preferia combinações dos elementos fogo, terra, água e ar, enquanto Aristóteles embasava sua teoria da matéria sobre receitas à base de frio e de quente, de seco e de úmido. A Igreja Católica expressou a mesma aversão em relação ao vácuo e ao acaso. Mas a ideia dos atomistas continuou o seu caminho nos trabalhos dos alquimistas do Islã, traduzidos no século XII pelo lombardo Gerardo de Cremona e pelo beneditino inglês Adelardo de Bath. Prosseguiu nas obras dos renascentistas. Paracelso (1494-1541) baseava todos os corpos em proporções de enxofre, mercúrio e sal. Mas a primeira expressão moderna da noção de elemento químico foi de Robert Boyle, introduzindo no livro *The Sceptical Chymist* (1661) a ideia de elemento químico não transformável e indecomponível, combatendo as precedentes teorias de composição em quatro elementos, ou em mercúrio, enxofre e sal. Para seu colega de universidade e membro mais famoso do Colégio Invisível, que originou a Royal Society, a primeira sociedade científica organizada no mundo, Isaac Newton, o universo é composto de pequenas massas sólidas em movimento. Porém, a emergência do conceito moderno de átomo necessitava ainda de muito trabalho: no final do século XVIII, o francês Lavoisier (1743-1794), graças à melhoria das análises quantitativas, consegue arruinar a teoria do flogístico (princípio calorífico supostamente presente nos diversos corpos e que explicaria o que é o fogo), mas ainda inclui... a luz na sua lista dos elementos simples! Estudando as proporções nas reações químicas, Dalton, no início do século XIX, estabelece as bases da teoria atômica moderna; mas um erro na fórmula das moléculas de gases, concebidas como sistematicamente monoatômicas (posteriormente descritas corretamente à luz dos trabalhos de Gay-Lussac e Avogadro) vai abalar toda a teoria e provocar a rejeição dos átomos pelos maiores químicos da época durante uns 50 anos.

Só no início de 1900 é que a teoria atômica vai ganhar a sua coerência com os trabalhos de Einstein em 1905 sobre o movimento browniano. Pode parecer incrível, mas demorou um século após a formulação de Dalton para que a teoria atômica da matéria, hoje tão popular, fosse finalmente aceita pela comunidade científica. É interessante observar como esta teoria é aceita docilmente pelos nossos alunos, talvez demonstrando como o ensino é dogmático. Após vários modelos sucessivos: Thomson (1904, cargas negativas espalhadas dentro de uma massa positiva), Rutherford (1911, elétrons orbitando um núcleo positivo), Bohr (1913, elétrons em órbitas definidas); finalmente, Schrödinger (1927) traz a noção de uma função de onda para descrever o elétron, permitindo uma descrição probabilística do átomo. Quanta gente na construção do átomo moderno!

A Ciência na escola e através dos tempos

Os exemplos aqui explorados ilustram claramente que a construção do conhecimento não é obra de um gênio ou resultado de um momento de inspiração de algum iluminado.



176 Figura 39: Olhar o passado, planejar o futuro

Essa construção requer muito mais que isso. É resultado do esforço e dedicação de muitos, alguns que até não são e dificilmente serão reconhecidos por suas contribuições. Isso não significa negar o papel do indivíduo na história e minimizar as contribuições de figuras como Darwin, por exemplo, mas sim de reconhecer o pesquisador como um ser social e histórico. Trata-se de um combate à mistificação do cientista, à visão equivocada de que apenas um indivíduo pode mudar o mundo.

“Um galo sozinho não tece uma manhã”, como diz o poeta pernambucano João Cabral de Melo Neto. Além disso, é preciso reconhecer que Ciência é uma produção humana e que sempre está impregnada de valores e interesses sociais, os quais, como sabemos, constantemente são revisados. Daí a necessidade de reconhecer e sempre revisitar a história, e em particular a história do conhecimento científico, para construir uma visão mais elaborada de nosso mundo e assim poder melhor transformá-lo. Eis aí uma forma eficiente, motivadora e prazerosa de ensinar, pois a exploração do processo histórico facilita a compreensão dos conceitos e dá sentido social à descoberta. Essa visão é fundamental e muito útil numa proposta inovadora de ensinar Ciências onde se busca formar cientistas, sim, mas, sobretudo, formar cidadãos.

E na escola, o que fazer?

Para desconstruir outros mitos da Ciência, o professor deve sempre instigar seus alunos a conhecer melhor a história de cada conceito trabalhado. Isto pode ser realizado através de pesquisas na internet, leituras dos textos originais, entrevistas com especialistas (médicos, dentistas, engenheiros, pesquisadores e outros profissionais disponíveis). Pode se fazer, ao redor do nascimento destes conceitos, representações teatrais ou debates, para tentar mergulhar no pensamento da época. Outra atividade interessante: propor aos alunos uma pesquisa sobre a história da construção da Escola: quem propôs, de quem era o terreno, quem desenhou, quem participou das obras, a razão de seu nome, quais foram os professores de Ciência, os diretores etc., enfim, todos que se envolveram para que a Escola se viabilizasse, material e imaterialmente. Nesta pesquisa, os alunos poderiam consultar sua família

e pessoas da comunidade para assim melhor conhecer a história da Escola. No final, pode-se montar uma exposição aberta a toda a comunidade. Facilmente eles irão perceber que não foi obra de apenas uma pessoa, da mesma forma como acontece na construção do conhecimento científico.

Referências

AMEISEN, Jean Claude. **Dans la lumière et les ombres, Darwin et le bouleversement du monde**. Paris: Fayard/Seuil, 2008.

BIBIANO, Bianca et al. A origem da vida. **Revista Nova Escola**, São Paulo, n. 4, 200, 2009.

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos Tempos**. São Paulo: Moderna, 1999.

DARWIN, Charles. **Origem das Espécies**. Tradução Eugênio Amado. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 2002.

DOSSIÊ “Darwin e a teoria da evolução”. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 261, jul. 2009.

LEITE, Marcelo. **Darwin**. São Paulo: Publifolha, 2009.

LOPES, J. Leite. **Ciência e Libertação**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1969.

MÉIS, Leopoldo de. **Ciência, Educação e o Conflito Humano-Tecnológico**. São Paulo: Senac, 2002.

MOTA, Ronaldo et al. **Método Científico & Fronteiras do Conhecimento**. Santa Maria: Cesma, 2003.

Sites

Arquivo pdf da Origem das espécies. Disponível em: Acesso em: 18 nov. de 2010.

<http://www.iedinet.com.br/eteca/darwin_a_origem_das_especies.pdf>. Acesso em: 18 nov. de 2010.

Artigo em português A origem das espécies. Disponível em:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Origem_das_Esp%C3%A9cies>. Acesso em: 18 nov. de 2010.

Artigo em português Charles Darwin. Disponível em:

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Charles_Darwin>. Acesso em: 18 nov. de 2010.

Sessão Evoluindo. Disponível em: <<http://biociencia.org/index.php>>.

<http://www.biociencia.org/index.php?option=com_content&task=category§ionid=8&id=38&Itemid=83>. Acesso em: 18 nov. de 2010.

Obras de Darwin em texto original, nas diversas edições. Disponível em:

<<http://www.darwin-online.org.uk/>>. Acesso em: 18 nov. de 2010.

Capítulo 12

Saúde & cidadania:

entrelaçando textos didáticos, paradidáticos e literários

Virgínia Torres Schall*

O livro, como o temos, tortura as pobres crianças – e, no entanto, poderia diverti-las, como a gramática da Emília o está fazendo. Todos os livros podiam tornar-se uma pândega, uma farra infantil. A química, a física, a biologia, a geografia prestam-se imensamente, porque lidam com coisas concretas. O mais difícil era a gramática e é a aritmética. Fiz a primeira e vou tentar a segunda. O resto fica canja. (LOBATO apud NUNES, 1986, p. 96).



Figura 40: O livro como diversão

A escola é um ambiente com potencial riquíssimo de encontro humano, mas tem sido desperdiçado pela repetição secular de uma pedagogia tradicional, movida pelo objetivo de reproduzir conhecimentos e padronizar os alunos. Em lugar de despertar a curiosidade, tem priorizado modelar, inculcar e adestrar as mentalidades. No entanto, como comenta Monteiro Lobato na epígrafe acima, é possível manter o sonho de alçar voos de diálogos e alegria junto às crianças ao falar com elas sobre

* Doutora em Educação. Pesquisadora do Laboratório de Educação em Saúde e Ambiente, Centro de Pesquisas René Rachou – Fundação Oswaldo Cruz, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Ciências e despertar identificação e desejo de compartilhar o processo de construção de conhecimento.

Também embasado em sua experiência como professor, Rubem Alves (2003) nos fala que o saber da escola que não responde aos sonhos será logo esquecido. O caminho apontado por Lobato indica como alcançar o sonho do ensino prazeroso por meio da literatura, conscientes dos riscos que o cotidiano da sala de aula representa para a facilidade da repetição e leitura mecânica até mesmo de belas histórias e uso enfadonho de ricas atividades lúdicas. Portanto, a forma de inserir as propostas aqui delineadas é muito relevante e é isso também que queremos destacar.

O diálogo que aqui iniciamos com vocês, professores, pretende motivá-los a tratar o tema saúde, preconizado como transversal nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, MEC/SEF, Brasil, 1997), indo além do livro didático e recorrendo a textos paradidáticos e literários (seja da biblioteca de leitura complementar ou de muitas outras fontes) e atividades lúdicas. Os temas considerados como transversais devem perpassar as disciplinas específicas, requerendo um enfoque integrado ao currículo formal, com o objetivo de proporcionar aos alunos uma visão ampla e consistente da realidade brasileira e prepará-los para a participação social, estreitando os conteúdos à vida cotidiana e ao contexto sociocultural dos estudantes. Os PCNs elegeram, baseados no texto constitucional, princípios segundo os quais orientam a educação escolar: dignidade da pessoa humana, igualdade de direitos, participação e corresponsabilidade pela vida social. Em suas escolas, vocês, professores, podem incluir outros temas que julgarem de relevância

social para sua comunidade. Nessa vertente, em se tratando de saúde, o processo de construção de conhecimento permite problematizar questões socioeconômicas e culturais, bem como discutir e refletir sobre ciência e sociedade, integrado ao ensino das Ciências Naturais e demais áreas curriculares.



Figura 41: Discutindo as relações entre ciência e sociedade

Aqui introduzimos a palavra problematizar, o que remete ao educador Paulo Freire (1988), ao demonstrar que algumas palavras e temas são *geradores* de um processo educativo, contextualizado na realidade do educando, e que fazem sentido para a sua vida. O tema gerador pressupõe um movimento pedagógico interdisciplinar e tem como princípio metodológico a promoção de uma aprendizagem global, não fragmentada, que visa a proporcionar a integração do conhecimento e a transformação social. Um tema gerador pode ser geral e dele podem derivar diversos recortes para cada uma das áreas do conhecimento ou para as palavras geradoras. Portanto, um único tema gerador geral poderá dar origem a várias palavras geradoras que deverão estar ligadas a ele em função da relação social que os sustenta. A saúde pode se configurar como excelente tema gerador.

Mas, para falar de *saúde*, do *corpo*, do *amor*, do *respeito* com as crianças, é preciso ser verdadeiro e não meramente retórico e acadêmico. É preciso questionar a educação centrada na mera aprendizagem de conteúdos, onde predominam os aspectos cognitivos, e buscar uma maior integração dos aspectos *afetivos* e *singulares* do aluno, assim como sugerir estratégias de trabalho que favoreçam a sua expressão e compreensão, especialmente através da literatura infantil e outros recursos como artes plásticas, música, vídeos, internet etc. Isso é fundamental no que se refere à educação em saúde, considerada aqui, num sentido amplo, como educação para a vida.

Ao pensar no uso de livros no ensino de Ciências (e saúde), é preciso dar-se conta de como tais materiais poderão se encaixar na prática das escolas, de modo a possibilitar atividades produtivas. É importante alertar para que os materiais sejam trabalhados de modo a dar *vazão* à participação das crianças, *dando voz a elas*, pois só assim, elas poderão, de fato, enriquecer a sua própria experiência, na troca com os colegas, expondo suas ideias, seus preconceitos, suas fantasias, podendo discuti-las. Assim, o material não se limitará a transmitir informações, mas servirá de fonte para estimular a imaginação, a atividade criativa e o desenvolvimento da inteligência integral, cognitiva e emocional, através das quais poderá contribuir para a reflexão e a construção do conhecimento e da subjetividade de cada um enquanto indivíduo e sujeito social, responsável e solidário.

De que saúde falamos e como abordar o tema com as crianças?

Saúde vem de *salute*, palavra de origem latina que quer dizer salvação, conservação da vida. Seu significado varia de acordo com o tempo, tem uma conotação histórica e cultural, atrelada a valores e estilos de vida. Cada sociedade expressa o valor que dá à saúde por meio de políticas públicas que estabelecem prioridades e vão condicionar os recursos a ela destinados, influenciando os seus sistemas de cura e valorização da vida.

Desde 1948, a Organização Mundial da Saúde (OMS) conceituou saúde como um “estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”, o qual é uma referência mundial. No entanto, esse conceito vem sendo discutido e ampliado e hoje a literatura científica inclui aspectos emocionais, ambientais e a autorrealização, para além das dimensões físicas, mentais e sociais. Questiona-se também a expressão *completo bem-estar*, pois ela remeteria a um estado utópico, ótimo ou ideal de saúde, quando, na realidade, trata-se de uma condição dinâmica e temporária, requerendo atenção permanente.

Atualmente, a área de saúde coletiva analisa a saúde e a doença como fenômenos associados às formas de organização da sociedade, sem descartar a importância da dimensão biológica, mas integrada à determinação social. E assim, ao falar de saúde com as crianças é preciso, desde a mais tenra idade, associá-la à qualidade da água que bebemos, do ar que respiramos, dos alimentos que ingerimos, de como nos relacionamos com os outros e com o ambiente a nossa volta. É preciso, em linguagem apropriada, estabelecer um diálogo crítico sobre o consumismo desenfreado, os diferentes estilos de vida e de condições de trabalho, a pobreza e desigualdade social, a manutenção de recursos destinados às guerras, em prejuízo aos investimentos sociais e humanitários. A construção de um conhecimento crítico sobre saúde e qualidade de vida desde a infância é fundamental para o movimento coletivo de transformação da realidade e alcance de autonomia e autorrealização pessoal.

No Brasil, o movimento da saúde como um direito de todos e um dever do Estado é recente: foi legitimado na Constituição Nacional promulgada em 1988. Também na área da educação, só em 1971, a temática da saúde foi introduzida formalmente pela Lei

nº 5.692, denominada como Programa de Saúde, com o objetivo de “levar a criança e o adolescente ao desenvolvimento de hábitos saudáveis quanto à higiene pessoal, alimentação, prática desportiva, ao trabalho e ao lazer, permitindo-lhes a sua utilização imediata no sentido de preservar a saúde pessoal e a dos outros”. Em documento de 1977, o Conselho Federal de Educação estabelece que o Programa de Saúde não deve se constituir como disciplina, mas como um fundamento do processo formativo, devendo estar correlacionado aos demais conteúdos curriculares, especialmente Ciências, Estudos Sociais e Educação Física.

Vinte anos mais tarde, com a publicação dos PCNs (1997), a saúde é incluída como tema transversal, mas, ainda hoje, sua abordagem está prioritariamente atrelada às Ciências Naturais, e os livros didáticos continuam apresentando os conteúdos de saúde centrados na transmissão de informações sobre como as pessoas adoecem, os ciclos das doenças, os seus sintomas e as formas de profilaxia, distante das situações concretas da vida cotidiana dos alunos. Um exemplo dessa ênfase biologicista e ainda perpassada por incorreções científicas pode ser encontrada nos artigos de Mohr (2000) e de Schall (2009). Neste último, a autora apresenta uma análise de alguns livros didáticos adotados pelo PNL D para o ensino de Ciências na Educação Básica (5ª e 6ª séries) no Estado de Minas Gerais, utilizados entre 2002 e 2008, os quais contemplavam o tema esquistossomose.

Observam-se, em certos livros, erros conceituais e imagens incorretas do ciclo do parasita. À parte das incorreções, várias delas comentadas e ilustradas no artigo, a relação com o cotidiano da vida dos alunos e a determinação social da doença não são discutidos. Considerando a variabilidade de *habitats* onde vivem os caramujos hospedeiros intermediários do verme no Brasil, os livros deveriam ampliar tal informação, incluindo mapas de sua distribuição e a diversidade de locais de risco de transmissão. Outra informação relevante seria sobre o sistema venoso do intestino humano, local preferencial dos casais de vermes adultos, o que poderia facilitar a compreensão sobre a liberação dos ovos nas fezes da pessoa infectada. Essa seria uma informação de grande utilidade, momento de discutir a responsabilidade individual de evitar a deposição de fezes no ambiente, assim como de refletir sobre os direitos do cidadão aos serviços públicos como água encanada, saneamento e moradias

adequadas. Percebe-se aqui o quão distante das evidências científicas está o texto, bem como o descompromisso com uma pedagogia que prima por contextualizar o ensino na vida cotidiana, envolvendo aspectos sociais, culturais e políticos, oportunidade por excelência para uma educação em saúde crítica, construtiva e transformadora.

Aspectos históricos e metodológicos que perpassam a saúde na escola e um relato de experiência

O processo de cumprimento da saúde como direito de todos ou tema curricular está diante de uma realidade em que grande parte dos casos de doença e morte prematura no país está associada às condições desfavoráveis de vida. No Brasil, ainda temos elevadas taxas de doenças denominadas negligenciadas, como a esquistossomose, a dengue e a doença de Chagas, dentre outras, associadas à falta de saneamento e água de qualidade, bem como moradias precárias, lixo acumulado, dentre outras condições insalubres. Por outro lado, vemos crescer as causas de morte por doenças crônico-degenerativas, como as cardiovasculares, típicas de países desenvolvidos, associadas ao estresse, a hábitos alimentares impróprios, ao tabagismo, ao sedentarismo.

A educação em saúde pode ser responsabilidade da família, dos serviços de saúde, mas a escola permanece como instituição que pode se constituir em espaço genuíno de promoção da qualidade de vida, construindo condições para que seus alunos se instrumentalizem para a intervenção individual e coletiva sobre os condicionantes do processo saúde/doença, os mobilizando para as mudanças necessárias em busca de uma sociedade mais justa que propicie uma vida saudável a todos. Aqui, o professor deve ser o motivador para introduzir problemas que têm sentido na realidade dos estudantes, buscar informações e ir além do livro didático, elegendo materiais complementares e problematizando os temas por meio de estratégias pedagógicas diversas, priorizando os valores e aquisição de hábitos e atitudes como dimensões fundamentais. O enfoque pedagógico sobre saúde deve garantir aos pequenos que cresçam sabendo que têm direito à alimentação, habitação adequada, acesso à água limpa, aos cuidados primários de saúde e à educação básica.

A saúde permite um trabalho excepcional nesse campo ao gerar desdobramentos do processo de codificação e decodificação,

com vasto potencial ilustrativo e interativo. Ao falar da água¹, da alimentação, da qualidade da habitação, do corpo², qualquer que seja o tema abordado, poderá evocar aspectos históricos, sociais, a relação com os processos ambientais, remetendo a um tratamento transversal da saúde integrada às demais disciplinas, seja a Química, a Física ou a Biologia. O importante é, mais do que oferecer conteúdos, promover debates com os estudantes sobre saúde e focalizar a ideia de qualidade de vida enquanto uma

[...] representação social criada a partir de parâmetros subjetivos (bem-estar, felicidade, amor, prazer, realização pessoal), e também objetivos, cujas referências são a satisfação das necessidades básicas e das necessidades criadas pelo grau de desenvolvimento econômico e social de determinada sociedade” (MINAYO; HARTZ; BUSS, 2000).



Figura 42: Falar de saúde para uma educação política

Dessa forma, falar de saúde com as crianças é uma oportunidade de iniciar uma educação política, incluindo noções de desen-

¹ Ver o texto de Maria Inês Rosa e Nelson Bejarano.

² Ver os textos de Mônica Meyer e de Ana Maria de Oliveira Cunha, Denise de Freitas, e Elenita Pinheiro de Queiroz Silva.

volvimento, democracia, modo, condições e estilo de vida. Assim, ultrapassamos a noção de saúde biológica e promovemos o conceito amplo e polissêmico de promoção da saúde, que é intersetorial e transdisciplinar³.

Ao falar de uma educação política, faz-se relevante considerar a noção de educação proposta por Humberto Maturana (1998), o qual, em seu sistema de pensamento, explicita o ato de educar como um processo e um espaço de convivência, onde aqueles que convivem vão se transformando espontaneamente, de modo que tornam o seu modo de viver mais congruente. Ao se perguntar para que serve a educação, o autor esclarece que servir é um conceito relacional; por exemplo, serve para algo em relação a um desejo, já que nada serve em si mesmo. Assim, conclui que a questão verdadeira é: o que queremos da educação? E passa ao terreno do político, requerendo uma reflexão sobre o viver cotidiano no projeto de país onde estão inseridas as reflexões sobre a educação. Assim pensando, os projetos educacionais de cada época e lugar podem diferir, em seus objetivos, de acordo com a ideologia e o modo diverso de cumprir com a responsabilidade social. Nesse caminho, nós, professores, ao abordarmos a saúde da forma aqui considerada, como um tema gerador e transversal, podemos dar lugar a um amplo questionamento sobre a tarefa fundamental da educação em nosso país, que, no caso da saúde, deve estar em sintonia com os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS), quais sejam a integralidade, a equidade, a universalidade, que só têm sentido com a participação da população. Falar desses princípios na linguagem da criança é dar início ao processo de conquista da autonomia e da responsabilidade social, processo fundamental na formação cidadã.

E uma formação cidadã pressupõe compreender que o homem é parte integrante da natureza e, nesta condição, precisa do meio ambiente íntegro para ter uma vida saudável. É certo que qualquer dano causado ao meio ambiente provoca prejuízos à saúde pública e vice-versa. Ambiente e vida estão entrelaçados, sendo a existência de um a condição da existência do outro, o que demanda serem as atividades humanas regidas pelo respeito e proteção à natureza.

Numerosas situações demonstram a relação entre o meio ambiente e a saúde, e assim⁴ esses temas permitem discutir tais relações de forma ampla, valorizando-se, sobretudo, o componente social,

³ Ver o texto do André Ferrer P. Martins e de Maria Inês Rosa e Nelson Bejarano.

⁴ Ver o texto de Marsílvio Gonçalves Pereira.



Figura 43: Educação em sintonia com os princípios do SUS

como dimensão importante do processo, vinculando a questão à noção de coletivo. A questão social, ao ser incorporada como determinante na distribuição das doenças, engendra novas abordagens, e a análise histórico-estrutural pode ser debatida com as crianças por meio dos textos complementares, em que personagens vivem situações que se assemelham às das crianças, sejam de áreas urbanas ou rurais.

Como analisamos a inadequação dos livros didáticos na abordagem da esquistossomose, no Quadro 1, há um exemplo de trabalho realizado com alunos das séries iniciais, em que a doença foi tratada como um tema gerador, que tem sentido para a localidade das escolas participantes e para a vida dos escolares, desenvolvido na perspectiva da Escola Promotora de Saúde. Nela há demonstração de como utilizar os materiais complementares, entrelaçar os livros paradidáticos, literários e recursos lúdicos como o teatro de fantoches, o vídeo, os jogos, utilizando a doença para falar da determinação social do processo saúde/doença, construindo o conhecimento científico integrado às reflexões sobre a sociedade e a vida. (Para maiores informações, recorrer à referência na parte inferior do quadro).

Quadro 1 – Exemplo de uma experiência que pode ser desenvolvida pela escola, a qual deve ser adaptada à realidade local.

EXEMPLO DE TEMA GERADOR EM ÁREAS ENDÊMICAS DE MINAS GERAIS

Hoje, a esquistossomose é um problema que atinge 523 dos 853 municípios mineiros e muitos outros estados brasileiros. Embora seja considerada uma doença que atinge populações, sobretudo, rurais e periurbanas desfavorecidas, atualmente, com o aumento do turismo rural, tem ocorrido infecção de crianças e jovens de classe média que vão com suas famílias passar os fins de semanas em pousadas. Esse é um tema que pode ser tratado nas aulas de Ciências, ilustrando como a água aparentemente limpa de uma piscina de água corrente pode conter parasitas e ser um risco para a saúde, apesar da propaganda dos benefícios e prazer de nadar em águas naturais. Serve também para debater o direito a água encanada e ao saneamento básico e discutir sobre responsabilidade social e ambiental. O trabalho pedagógico deve incluir fotos, ilustrações, criação de histórias e até montagem de teatro de fantoches. As fotos das espécies hospedeiras intermediárias (moluscos do gênero *Biomphalaria*) do verme *Schistosoma mansoni*, permitirão ao estudante identificá-las em seu ambiente. Também devem incluir informações sobre a sua distribuição geográfica (exibir mapas e marcar pontos onde ocorre a doença), trabalhar o conceito de habitat, mostrar fotos do parasito que hospeda em suas formas larvares e adulta (aproveitando para trabalhar com medidas), e explicar a dinâmica de transmissão da doença. Além disso, deve mostrar imagens de situações de risco e transmissão, sintomas da doença, como evitá-la, tratamentos existentes e contextualização na realidade nacional, explicitando a sua relação com as condições socioeconômicas e culturais. É preciso também abordar a importância ecológica dos animais.

Todo esse conteúdo deve ser apresentado em linguagem acessível, com ilustrações contendo escalas, e baseadas em conhecimentos científicos atualizados. Excursões a áreas onde há presença de moluscos permitirão treinar a observação e depois realizar relatórios e/ou histórias ilustrados. Convidar as famílias para assistir à apresentação das histórias criadas permite socializar o conhecimento construído com os pais e ampliar a divulgação do problema, potencializando a sua prevenção.

SCHALL, V. T.; MASSARA, C. L. **Esquistossomose como Tema Gerador**: uma experiência de educação em saúde no município de Jaboticatubas - Minas Gerais. *Escolas Promotoras de Saúde: experiências do Brasil*. Brasília, DF: Ministério da Saúde/Organização Pan-Americana da Saúde, 2006. v. 6. p. 205-216. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/esc_prom_saude.pdf>.

Imagens adequadas para uso em sala de aula podem ser obtidas no endereço: <http://pide.cpqrr.fiocruz.br/> (clique no item publicações e a seguir em publicações PIDE. Ao acessar a lista de publicações, clique na de número 8, cuja referência está abaixo. Você terá acesso a duas publicações ilustradas com todas as imagens necessárias ao trabalho sugerido. Segue abaixo a referência:

8) SCHALL, V.; MASSARA, CL; ENK, M. J.; BARROS, H. S. **Os Caminhos da Esquistossomose**. Parte I Dentro do nosso corpo. Parte II No meio ambiente. Centro de Pesquisas René Rachou/Fiocruz, 2007. (Esquistossomose, 8).

Na experiência apresentada no Quadro 1, o que se destaca é a diversidade de abordagens metodológicas que permitem ao aluno identificar o problema, levantar hipóteses, coletar dados, discutir sobre as situações concretas de vida, descobrir soluções que possibilitem aplicar os conhecimentos construídos e comprometer-se com a promoção da saúde pessoal e coletiva. Também foi valorizada a projeção social do processo de ensino-aprendizagem na família e na

comunidade, por meio de alternativas de divulgação e integração dos mesmos no processo. Os alunos, ao produzirem esquetes teatrais, cartazes e demonstrações em uma Feira de Ciências organizada por eles em parceria com os professores, tornaram-se protagonistas na discussão da saúde com a família e a comunidade, divulgando e ampliando o saber, analisando e refletindo suas percepções sobre o tema, assim como a forma de resolver os problemas de sua realidade e mobilizando a todos para a sua transformação. Ao trabalhar o tema de forma transversal, houve integração de conhecimentos de outras disciplinas, como Língua Portuguesa, Matemática, Ciências Naturais, História, Geografia etc., ampliando a compreensão do problema e encaminhando proposições para questões da sua própria realidade.

Considerando a nossa experiência de quase 30 anos com desenvolvimento e utilização de livros paradidáticos e literários, bem como outros recursos lúdicos, como teatro e jogos, na abordagem de saúde nas séries iniciais, será apresentada a seguir uma reflexão sobre o valor de tais recursos, bem como alguns exemplos de materiais que podem fazer parte do processo educativo nas escolas.

Razões de tratar os temas saúde e ambiente com as crianças por meio da literatura e do lúdico

Primeiro vamos destacar o papel fundamental da emoção na constituição do pensamento e respectivamente nos processos de construção do conhecimento. Estudiosos, como o psicólogo russo Vygotsky (1991), já falavam que há uma vinculação recíproca entre imaginação e emoção, processo que descreve como *representação emocional da realidade*. É um fenômeno que abrange a influência da imaginação nos sentimentos e vice-versa. Acrescido a isso está o fato de que “todo sentimento ou emoção dominante deve concentrar-se em IDÉIA ou IMAGEM que lhe dê materialidade”; sem esta representação pode ficar em estado nebuloso. Aqui, professores, percebemos a importância da linguagem, seja verbal ou visual, na tradução dos estados afetivos, do esclarecimento das disposições emocionais que orientam as ações, nossas e dos nossos alunos. Esse potencial da linguagem encontra na literatura a sua expressão mais plena, como enfatiza Lajolo (1993):

É à literatura, como linguagem e como instituição, que se confiam os diferentes imaginários, as diferentes sensibilidades, valores e comportamentos através dos quais uma sociedade expressa e discute, simbolicamente, seus impasses, seus desejos, suas utopias. Por isso, a literatura é importante no currículo escolar: o cidadão, para exercer plenamente sua cidadania, precisa apossar-se da linguagem literária, alfabetizar-se nela, tornar-se seu usuário competente... (p. 106)

Por sua vez, a linguagem escrita, diferentemente da oralizada, como na televisão, possibilita a criação de um espaço simbólico, estimula a imaginação do leitor, possibilitando uma interpretação criadora, uma reconstrução de significados, cumprindo funções que vão além da linguagem oral, permitindo, como aponta Dietzsch, uma “interlocução à distância, que supera os limites do tempo e do espaço, não atingidos pela fala” (1988, p. 4). A evocação de emoções e da imaginação possível pela escrita é ilustrada por Dietzsch (1988) ao comentar um relato de Sartre (1964), o qual, em sua imaginação de menino, via sair do livro “verdadeiras centopéias, que formigavam de sílabas e letras, estiravam seus ditongos e faziam vibrar as consoantes duplas: cantantes, nasais, entrecortadas de pausas e suspiros”. (DIETZSCH, 1988, p. 5).

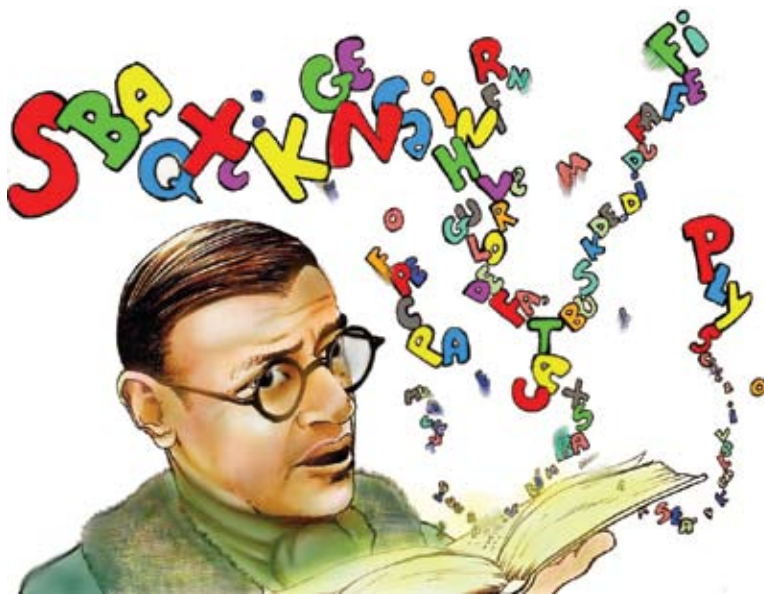


Figura 44: Evocação de emoções e da imaginação pela escrita

A autora ainda destaca a forma como a escola vem homogeneizando a escrita e a leitura, como o uso dos textos se restringe e se adapta aos rumos da cartilha, do livro didático e das redações encomendadas pelo professor, leitor único que apresenta uma única e, na maioria das vezes, restrita interpretação. Perde-se, assim, a oportunidade, talvez a única, que a criança brasileira sem recursos tenha, de aliar o afetivo e a fantasia infantil através do *contato com um mundo inteligente, vivo, real*, que pode ser recriado seja através da literatura infantil, do texto do jornal, seja na discussão dos acontecimentos do próprio bairro, da cidade, como também da própria vida. No Quadro 2, os exemplos de livros complementares e outros podem ilustrar essas possibilidades.

Além das obras complementares que vocês, professores, receberão nas salas de aula, é possível utilizar muitas outras, tanto da literatura brasileira quanto da internacional, onde há textos dirigidos às crianças, muitos dos quais motivadores para despertar o interesse sobre Ciência, saúde e qualidade de vida. O *Dicionário Crítico da Literatura Infanto-Juvenil Brasileira* (COELHO, 1995) inclui centenas de autores brasileiros, contendo sumários de suas obras. Trata-se de uma referência fundamental para todas as escolas, onde os professores podem escolher histórias apropriadas a temas ou situações especificamente enriquecedores para seus alunos. O que importa é o modo de trabalhar os livros em casa ou sala de aula, provocando a reflexão e a interação necessárias. Se bem orientado, um trabalho desta natureza pode permitir às crianças, através dos personagens que vivenciam conflitos e situações semelhantes às suas, descobrir outras alternativas de pensar e reagir perante as dificuldades que enfrentam.

Essa dimensão da literatura, enquanto fonte de prazer e de sabedoria, “pode e deve começar na escola, mas não pode (nem costuma) encerrar-se nela”, como argumenta Lajolo (1993, p. 7). Aqui vale acrescentar as críticas dessa autora quanto ao uso pedagógico da literatura infantil na escola. Através de uma breve análise histórica, Lajolo (1993) aponta que, desde as poesias de Bilac até às produções atuais, a escola brasileira vem se apropriando do envolvimento da narrativa ou da força encantatória da sua linguagem poética para inculcar nas crianças sentimentos, conceitos, atitudes e comportamentos. Embora esses indicadores sejam positivos, a autora chama a atenção quanto à responsabilidade dos mesmos, por um *descompasso estético*, ao manter uma produção conservadora, que se caracteriza

por um compromisso pedagógico que garante o ingresso do seu produto na escola. Trata-se de um alerta importante, uma crítica que abre perspectivas não apenas de análise do *caráter histórico da organicidade institucional dos livros infantis*, mas que pode redundar em novas práticas de maior significação, seja através da criação de textos menos conservadores, bem como da melhoria da formação dos professores, de modo a superar o caráter reprodutivo da escola.

Contudo, se o espaço da literatura infantil merece melhor tratamento na escola, o livro didático pode e deve ser transformado, fazendo uso da narrativa de modo a motivar as crianças através do que elas mais apreciam: histórias. Sejam textos inseridos no livro didático ou os livros paradidáticos, ainda que mantenham claras intenções pedagógicas, podem conservar a leveza e a fruição dos contos infantis. O sucesso da obra pedagógica de Monteiro Lobato atesta essa possibilidade. Nunes (1986) reproduz trechos de uma carta de Lobato, em que o autor refere-se ao seu livro *Emília no País da Gramática*, comentando como a crítica ainda não havia percebido a significação de sua obra, enquanto uma nova possibilidade de “ensino para matérias abstratas” (p. 96). A epígrafe que abre o presente capítulo é parte desta carta antológica. Assim, seja na obra de Monteiro Lobato de pura ficção ou em textos intencionalmente pedagógicos, o envolvimento dos próprios personagens com a narrativa de D. Benta permite um “percurso de ida e volta entre texto



Figura 45: Motivar as crianças através do que elas mais apreciam: histórias

e vida”, que reforça a importância da evocação de experiências vividas pelos leitores, através das quais “o texto encontra o seu sentido”, como enfatiza Lajolo (1993, p. 99). Esse encontro do leitor com particularidades de seu contexto, a possibilidade sedutora de viver vidas alheias na ficção, envolve-o, abrindo suas portas para a construção de novos significados e de maior compreensão de si mesmo, da vida, do mundo, enfim, para o amadurecimento.

Quadro 2 – Exemplos de livros paradidáticos e literários que podem complementar a abordagem de saúde nas séries iniciais

A coleção de livros complementares, aprovados pelo MEC em 2009, proporciona uma excelente oportunidade para realizar uma abordagem transversal da saúde. Citamos alguns exemplos que servem para ilustrar esse potencial:

O livro **Não existe dor gostosa** (Ricardo de Azevedo, Companhia das Letrinhas, São Paulo, 2003), no qual, através de poemas e imagens da ilustradora Mariana Massarani, os pequenos leitores ficarão sabendo um pouco sobre as sensações físicas, e algumas emocionais, causadas por algumas doenças típicas de crianças da faixa etária das séries iniciais.

Há também outros como:

- **Corpo de Gente e Corpo de Bicho** (de Mick Manning e Brita Granstrom, Ática, 2008). Um livro fartamente ilustrado que faz comparações do corpo humano com o de outros animais e as funções de cada parte apresentada, utilizando uma linguagem clara e de agradável leitura.

- **Que febre de mosquito!** (de Maximiano Maxs e Figueiredo Portes, Ed. RHJ, 2002). Aborda, como tema, o mosquito *Aedes aegypti*, sua origem, sua disseminação e as parasitoses por ele transmitidas. Dá sugestões de como combater o mosquito de forma eficiente. Desmistifica a questão desconstruindo conceitos próprios do senso comum em uma linguagem clara e precisa.

Esse caminho que sugerimos aqui, a vocês, professores, de uso da literatura no processo de construção do conhecimento científico sobre saúde e ambiente, tem o compromisso com uma abordagem questionadora, sem *verdades* prontas, que estimula uma atitude reflexiva e responsável para com a vida, os outros e a natureza. O foco nas temáticas de saúde e ambiente, associadas à escrita literária de qualidade permite apresentar o saber científico em um contexto da vida. No texto literário reúnem-se informação de qualidade e a estética da palavra, acrescido de ilustrações não menos belas e atraentes. Ao compromisso estético e literário, associa-se o comprometimento com o conhecimento científico correto, e com formas adequadas de representá-lo.

Estes são alguns dos aspectos que, em nossa experiência, têm se mostrado efetivos para criar livros, jogos e mesmo espaços lúdicos que possam oferecer às crianças e jovens produtos e estratégias de qualidade, capazes de motivar o prazer de construir conhecimentos científicos enquanto lê, joga e brinca. E nesse processo, há lugar para um ensino de Ciências dinâmico e transdisciplinar, estimulando a construção de novos conhecimentos, motivando novas atitudes e, conseqüentemente, auxiliando em outro processo: o da prevenção de doenças, da promoção da saúde, da melhoria das condições de vida e preservação do ambiente. Alguns dos materiais e estratégias podem ser acessados em: <http://www.cpqrr.fiocruz.br/labes>

Referências

- ALVES, R. **Conversas sobre Educação**. Campinas: Verus, 2003.
- BORUCHOVITCH, E.; FELIX-SOUSA, I. C.; SCHALL, V. T. Conceito de doença e preservação da saúde de população de professores e escolares de Primeiro Grau. **Rev. Saúde Pública**, v. 25, n. 6, p. 418-425, 1991.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997.
- COELHO, N. N. **Dicionário Crítico da Literatura Infanto-Juvenil Brasileira**. São Paulo: Edusp, 1995.
- FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. 21. ed. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1988.
- LAJOLO, M. **Do Mundo da Leitura para a Leitura do Mundo**. São Paulo: Ática, 1993.

MATURANA, H. **Emoções e linguagem na educação e na política**. Belo Horizonte: UFMG, 1998.

MINAYO, M. C. S.; HARTZ, Z. M. A.; BUSS, P. M. Qualidade de vida e saúde: um debate necessário. **Ciênc. saúde coletiva**, ano 5, n. 1, p. 7-18, 2000.

MOHR, A. Análise do conteúdo de saúde nos livros didáticos. **Ciência & Educação**, ano 6, n. 2, p. 89-106, 2000.

NUNES, C. **Monteiro Lobato vivo**. Rio de Janeiro: MPM Propaganda/Record, 1986.

SCHALL, V. T. Educação e divulgação científica sobre moluscos de importância médica – breve análise de materiais informativos sobre esquistosomose. In: Santos, S.(Org.). **Tópicos em Malacologia - Ecos do XIX EBRAM**. Rio de Janeiro. Sociedade Brasileira de Malacologia/Technical Books Ltda. 2010.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

Capítulo 13

Entendendo e demonstrando astronomia

*João Batista Garcia Canalle**

Introdução

Apresentamos neste texto um conjunto de atividades práticas para que os professores possam trabalhar de forma mais concreta o ensino dos conceitos básicos da Astronomia. A matemática usada, quando é usada se resume a contas de somar e multiplicar. As atividades são desenvolvidas com materiais ao alcance do professor e dos alunos, tais como tesouras, papel, barbante, palito de dente (ou alfinete, pregos, etc). Certamente o uso destas atividades em sala contribuirá para facilitar o entendimento dos conceitos abordados.

Os movimentos da terra

A Terra tem um só movimento, que é bem complexo, por isso mesmo para melhor estudá-lo é decomposto em vários. Aqueles cujos efeitos são mais perceptíveis são a rotação (responsável pelos dias e noites) e a translação (responsável pela duração do ano).

A rotação da terra, o dia e a noite

O planeta Terra tem forma quase esférica, não tem luz própria, mas é iluminado pelo Sol, o qual tem luz própria e também tem

* Doutor em Astronomia. Professor do Instituto de Física da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

forma quase esférica. Nenhum planeta, nem o Sol, é perfeitamente esférico porque gira ao redor do seu eixo de rotação e tudo que gira tende a ser um pouquinho achatado.

Curiosidade: veja uma demonstração prática deste efeito, usando materiais de baixo custo e muito simples de ser feito e que está disponível em <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=238&O+ACHATAMENTO+PLANETARIO>>.

A Terra gira sobre um eixo imaginário, chamado eixo de rotação, tal qual um pião. O pião tem um eixo de rotação *bem visível* que passa pela ponta dele. Veja a figura 46.



Figura 46: Esquema comparativo da Terra e de um pião para ilustrar que ambos giram em torno do seu eixo de rotação, o qual passa pelo centro deles

A Terra também tem um eixo de rotação, imaginário. Enquanto o pião gira rapidão, a Terra gasta um dia para dar uma volta ao redor do seu eixo de rotação.

Curiosidade: Faça você mesmo um pião com um simples clipe. Veja como em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num1/v12a12.pdf>>.

Fazendo a demonstração

O entendimento da origem da parte clara (ou diurna) e escura (ou noturna) do dia fica muito mais fácil quando se faz esta demonstração. Esta demonstração pode começar bem simples e ir envolvendo fenômenos cada vez menos triviais.

Material: Ambiente o mais escuro possível, uma lanterna (com pilhas), uma bola de isopor grande (diâmetro de 10 cm para cima), vareta (de pipa, por exemplo). A lanterna pode ser substituída por

uma vela (ou velas), mas neste caso vai precisar de fósforo e isto é menos seguro do que a lanterna, apesar de mais acessível. A bola de isopor pode ser substituída por uma simples bola de jornal amassado revestido com papel alumínio, ou por qualquer outro tipo de bola que a sua imaginação descobrir.

A montagem: Atravesse a bola com uma vareta (que será o seu eixo de rotação). Se usar bola de isopor e a vareta for de metal, ao aquecer a ponta da vareta ela atravessa facilmente através do isopor. Coloque a lanterna deitada apoiada sobre alguns livros ou caixa, de forma que fique na altura do centro da bola. A *Terra* deve ficar o mais distante possível da lanterna (*Sol*), pois os raios deste devem chegar quase paralelos até a *Terra*. A bola representa a *Terra*, claro, a vareta, o eixo de rotação e a lanterna (ou vela), o *Sol*. Finque sobre a bola uma ponta de palito de dente, ou clipe pequeno, ou alfinete de cabeça ou algo assim, para representar uma pessoa (ou bonequinho) sobre a *Terra*. Se possível, passe uma caneta de ponta grossa sobre o *Equador* da *Terra* e explique que esta linha divide a *Terra* em duas partes iguais. Uma, chamada de hemisfério Norte, e a outra, de hemisfério Sul. Se tiver um globo terrestre apresente-o aos alunos e mostre que a linha do Equador divide ao meio o globo e que o Brasil é atravessado pela linha do Equador, de modo que temos território nos dois hemisférios. Veja a figura 47.

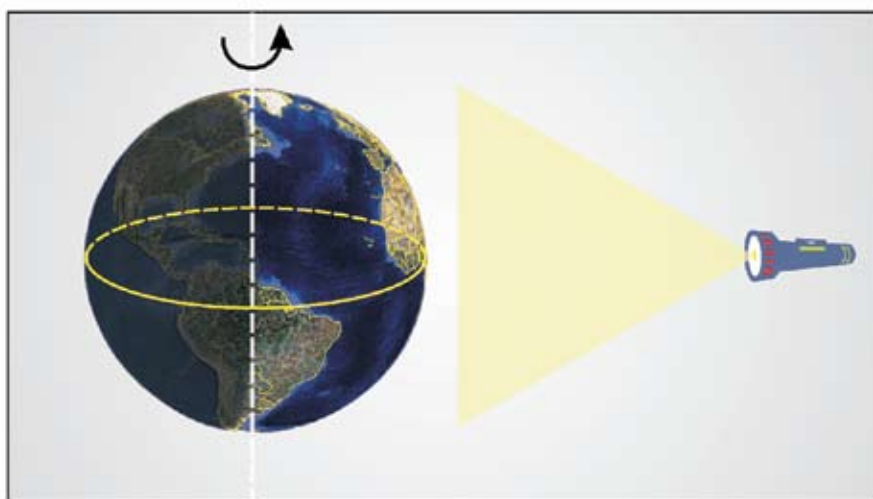


Figura 47: Ilustração da montagem para explicar a ocorrência das partes clara e escura do dia

1. O dia e a noite

- Coloque a vareta (atravessada pela bola) na vertical em relação à mesa na frente do feixe de luz da lanterna. Gire lentamente a vareta, mas sem tirá-la do lugar.
- Apresente aos alunos o significado de cada objeto e pergunte como eles explicariam a ocorrência dos períodos diurnos e noturnos do dia.
- Chame a atenção dos alunos para a posição do *observador*. Mostre que ora ele fica sob o sol, ora na parte não iluminada.
- Explique que enquanto na parte iluminada ele está na parte diurna do dia e enquanto na parte escura está na parte noturna do dia. O dia é a soma da parte diurna e noturna.
- Chame a atenção para o *nascer* e *ocaso* do Sol.
- Mostre que sempre metade da Terra está sob o Sol e a outra metade está no escuro.
- Mostre que, num certo momento, o Sol está passando sobre o *meridiano* do bonequinho. (Meridiano é a linha imaginária circular que passa pelos dois polos e também pelo bonequinho).
- Chame a atenção dos alunos para a presença, tamanho, variação do tamanho e direção da sombra do bonequinho.
- Deixe que os alunos manipulem o experimento da rotação da Terra. Explique que nesta demonstração você só está explicando como surgem as partes clara (ou diurna) e escura (ou noturna) do dia.

2. Duração do dia, inclinação do eixo de rotação, inverno e verão

Além dos detalhes acima mencionados, ao se trabalhar com alunos das séries finais, sugerimos variar a inclinação do eixo de rotação da Terra.

Pode-se rerepresentar o *item anterior* e em seguida perguntar o que acontece com a duração do dia, com a duração da parte diurna e noturna do dia, se inclinarmos o eixo de rotação da Terra, ou seja, afastá-lo da vertical (ou perpendicular ao plano da órbita). Incline o eixo (a vareta) na direção da lanterna, inicialmente só um pouquinho (uns 20 graus); depois incline uns 45 graus (em relação à perpendicular). Ouça as respostas. Depois incline 90 graus! (Sempre em relação à perpendicular e na direção da fonte luminosa). Ouça as respostas. Claro que, antes de mostrar aos alunos, o professor

deve observar o que acontece com a duração do dia, da parte diurna e noturna do dia.

Claro que o importante é que os alunos percebam que a duração da parte diurna e noturna varia conforme a inclinação do eixo de rotação da Terra, porém a soma de ambos continua sendo *um dia*. Vejamos como ilustrar muito bem isso.

- Coloque dois bonequinhos (dois alfinetes ou algo similar), um em cada hemisfério da Terra, no meio de cada hemisfério, porém ambos no mesmo meridiano. Incline a parte de cima da vareta uns 45 graus em direção ao Sol, em relação à vertical. Veja a figura 48.

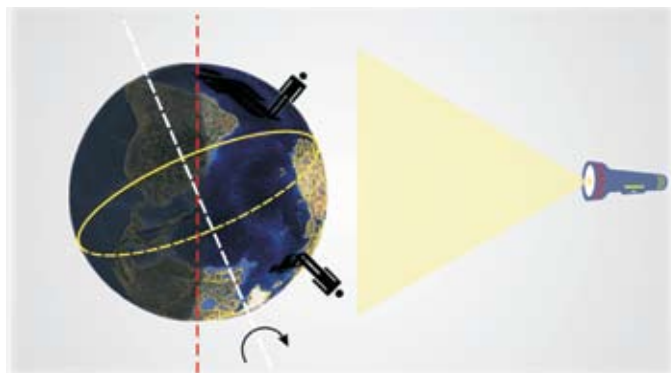


Figura 48: Ilustração do experimento com os bonequinhos sobre a Terra e suas sombras. Figuras fora de escala e sombras esquemáticas

- Gire a bola para que ambos os bonequinhos fiquem no lado escuro da Terra. Pergunte aos alunos, quem verá primeiro o Sol *nascer*: o bonequinho do hemisfério mais voltado para o Sol (digamos que seja o hemisfério Norte) ou o outro. Ouça as respostas.
- Gire lentamente a bola, mantendo a inclinação. O experimento deixa evidente que quem vê primeiro o Sol *nascer* é o bonequinho do hemisfério Norte, aquele voltado para o Sol; logo, lá, a parte diurna do dia é maior do que a parte diurna do outro hemisfério. O oposto ocorre com a duração das partes noturnas de ambos os hemisférios. Obviamente, ambos os bonequinhos dão uma volta completa no mesmo tempo, ou seja, a duração do dia é a mesma para os dois.
- Chame a atenção para o fato de que o Sol passa sobre o meridiano dos bonequinhos no mesmo instante; ou seja, o meio-dia solar verdadeiro é o mesmo para ambos. Chame a atenção para o tamanho das sombras de ambos os bonequinhos ao amanhecer, ao meio-dia e ao entardecer.

Chame a atenção para o fato de que, num hemisfério, a parte clara do dia é mais longa do que no outro. Então, pergunte aos alunos em qual dos hemisférios os dias serão mais quentes. É de se esperar que concluam que no hemisfério em que a parte clara do dia é mais longa lá também será mais quente o dia. E no hemisfério no qual a parte clara dos dias é mais curta, os dias são mais frios; ou seja, num hemisfério é verão e no outro é inverno.

Nesta montagem também é evidente que no hemisfério em que os dias são mais curtos ele é bem menos iluminado do que aquele em que os dias são mais longos. Faça com que observem isso. Como consequência da inclinação do eixo de rotação da Terra temos o Trópico de Capricórnio, Trópico de Câncer, Círculos Polares Árticos e Antárticos, os Solstícios de Outono e Inverno e os Equinócios de Primavera e de Outono; mas isso explicaremos num outro capítulo.

A translação da terra

A Terra tem um movimento complexo e para facilitar o seu estudo nós o decomparamos em vários. O mais evidente destes componentes do movimento da Terra é a rotação, o qual gera a alternância entre as partes claras e escuras do dia e foi estudado acima. Uma segunda parte do complexo movimento da Terra é a translação, a qual tem uma forma bem definida e cujo período define o ano. Sempre que os livros didáticos do Ensino Fundamental ensinam a trajetória da órbita da Terra ao redor do Sol, desenham uma figura tal qual a figura 49.

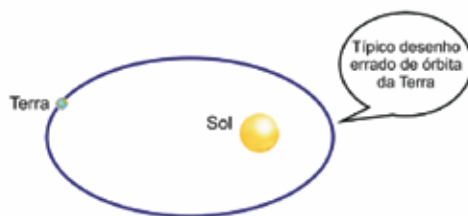


Figura 49: Elipse exageradamente excêntrica usada para explicar o movimento de translação da Terra

Os livros de Física do Ensino Médio usam a mesma figura quando explicam as leis de Kepler. A posição do Sol dentro desta elipse varia conforme o livro, mas pode ir da posição central até um ponto muito próximo da própria órbita ao longo do eixo maior da mesma.

A forma das órbitas dos planetas foi um problema resolvido por Johann Kepler (1571-1630), o qual utilizou os dados observacionais de melhor precisão que existiam na época (pré-telescópica) e que foram obtidos pelo astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), que vivia em Praga. Estes dados observacionais de alta precisão foram fundamentais para Kepler descobrir que as órbitas eram *elípticas* e não circulares como até então se acreditava, pois elas são elipses de baixíssima excentricidade, ou seja, são quase circulares.

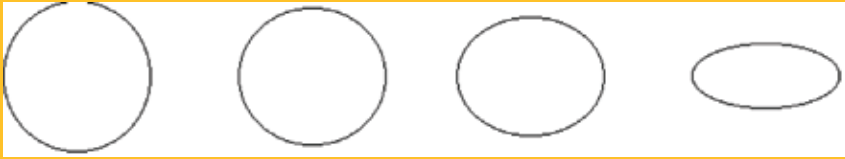
Os aspectos históricos das descobertas das leis de Kepler (uma delas sobre a forma elíptica da órbita) estão descritos nos excelentes artigos Entrevista com Tycho Brahe (MEDEIROS, A., *Física na Escola*, v. 2, n. 2, p. 19-30, 2001) e Entrevista com Kepler (MEDEIROS, A., *Física na Escola*, v. 3, n. 2, p. 20-33, 2002).

Não temos aqui o objetivo de analisar os erros de nenhum livro didático em particular, pois isto já foi feito em várias publicações, como, por exemplo, em Trevisan, Lattari e Canalle (1997), Canalle, Trevisan e Lattari (1997), Canalle (1998a, 1998b), Bizzo (1996).

A figura 49 transmite involuntariamente uma informação completamente errada, pois acaba induzindo professores e autores de livros didáticos à ideia de que a órbita da Terra tem realmente este formato. Este é um erro grave, pois leva alguns professores e muitos alunos à automática conclusão de que o verão ocorre justamente quando a Terra passa mais próxima do Sol. Interessantes trabalhos já foram escritos sobre este erro conceitual. Veja, por exemplo, Caniato (1983).

Teste seu conhecimento. *Você sabe que toda vez que faz aniversário é porque se passou mais um ano para você, certo? Isto significa que o planeta Terra deu mais uma volta ao redor do Sol desde o seu último aniversário.*

Pinte (de qualquer cor) a figura que, na sua opinião, melhor representa o movimento da Terra ao redor do Sol.



Observação: Não existe nenhum efeito de perspectiva nas figuras.

Visualizando as elipses e suas respectivas excentricidades

Não pretendemos aqui fazer um detalhado estudo sobre a elipse, pois isto está feito em qualquer livro de geometria, como, por exemplo, em Iezzi e Dolce (1972). Vamos, a seguir, definir a elipse e depois visualizar a forma dela em função de sua excentricidade, para que, sabendo a excentricidade da órbita de um planeta ou cometa, seja possível, rapidamente, visualizar a forma correta da sua órbita.

Dados dois pontos quaisquer de um mesmo plano, chamados de focos e representados por F_1 e F_2 , separados pela distância F , a elipse é o conjunto dos pontos P tal que a soma da distância de P até F_1 (representemos por d_1) mais a distância de P até F_2 (representemos por d_2) é uma constante, que chamaremos de A , a qual nada mais é do que o comprimento do eixo maior da elipse. A perpendicular ao eixo maior, passando pelo centro da elipse, contém o eixo menor da mesma. Na figura 50, representamos estas definições.

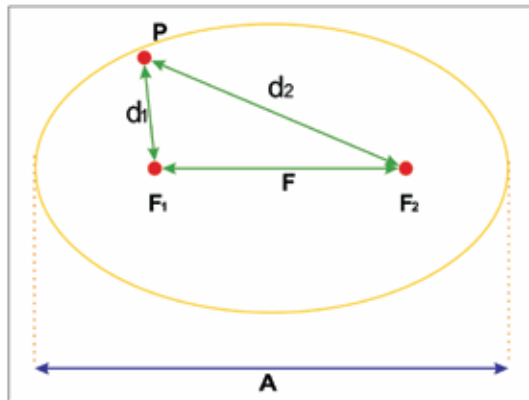


Figura 50: Representação de uma elipse com os focos F_1 e F_2 e seu eixo maior A .

Matematicamente, das definições acima, temos que:

$$d_1 + d_2 = A.$$

Porém, o parâmetro mais usado quando queremos expressar a forma de uma elipse é a sua excentricidade (*achatamento*) a qual é definida pela razão entre F (distância entre os focos) e A (comprimento do eixo maior), e chamamos esta razão de “ e ”. Algebricamente, ela é dada por:

$$e = \frac{F}{A} \quad (1)$$

A excentricidade de uma elipse é dada, portanto, por um número que varia entre 0 e 1, ou seja, $0 \leq e \leq 1$. A excentricidade será zero quando F_1 e F_2 forem coincidentes, ou seja, a distância F será igual a zero, e eles estarão exatamente no centro da elipse; e esta será chamada, neste caso particular, de círculo. No outro extremo, quando a distância entre F_1 e F_2 aumentar a tal ponto de se aproximar do comprimento do eixo maior, A , da elipse, teremos a excentricidade se aproximando de 1 e a elipse será quase tão achatada quanto uma reta.

Note que a excentricidade define a forma da elipse. O tamanho da elipse depende de quão grande ou pequena queremos desenhar a elipse. Ou seja, se precisarmos desenhar uma elipse de excentricidade qualquer, precisaremos escolher, *arbitrariamente*, o tamanho da elipse, ou seja, o comprimento do eixo maior A .

Para termos uma ideia da forma da elipse em função da excentricidade, vamos desenhar 14 elipses com as excentricidades dadas na Tabela 1. Como normalmente queremos representar o Sol nestas elipses, o qual ocupa um dos focos, vamos indicar também a distância entre o centro da elipse e a posição de um dos focos da elipse e vamos representá-la por f , onde $F = eA/2$

e	0,000	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	0,950	0,980	0,990	0,999
f (cm)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	1,90	1,96	1,98	1,99

Tabela 1. Na primeira linha são dados os valores de 14 diferentes excentricidades e na segunda linha as respectivas distâncias do centro da elipse a um dos seus focos.

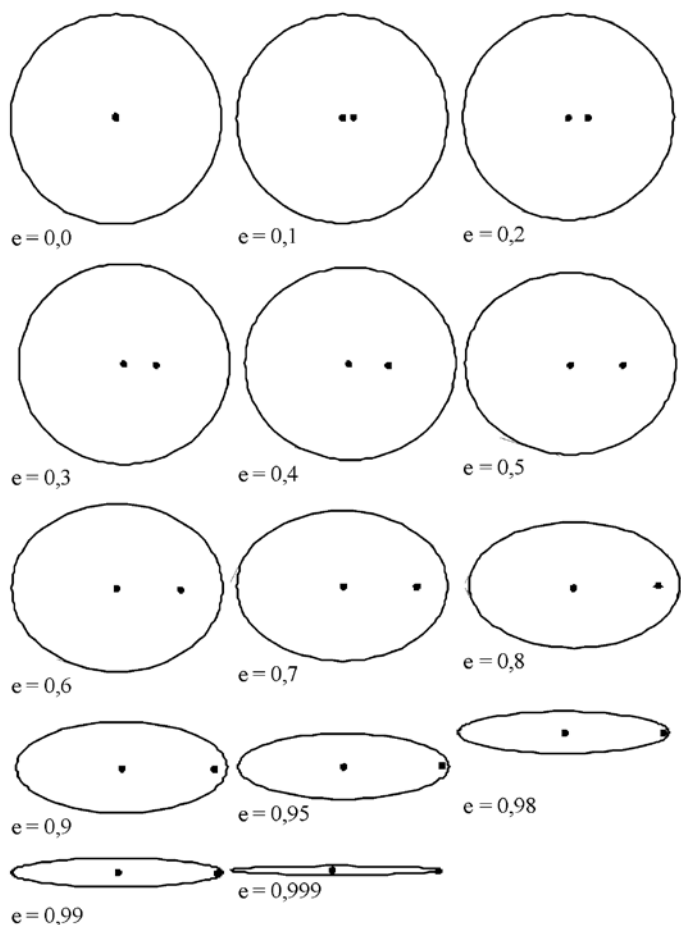


Figura 51: Desenho em escala correta de 14 elipses com as excentricidades dadas na Tabela 1. A distância entre o foco (ponto à direita dentro das elipses) e o centro delas (ponto no centro das elipses) cresce com o aumento da excentricidade. A distância entre o centro e o foco é dada por f e está relacionada na Tabela 1

Na figura 51, todas as elipses têm o mesmo comprimento para o seu eixo maior, o qual escolhemos arbitrariamente como sendo igual a 4,0 cm. A excentricidade de cada elipse está abaixo de cada uma delas.

A figura com $e = 0,0$ é uma elipse particular que chamamos de círculo, pois não tem nenhum achatamento, mas também é imperceptível qualquer achatamento para a figura com $e = 0,1$ e também é quase imperceptível qualquer achatamento para as figuras com $e = 0,2$ e com $e = 0,3$.

A excentricidade das órbitas dos planetas

Os valores das excentricidades das órbitas dos planetas estão na Tabela 2. Note que a maior excentricidade é a da órbita do planeta anão Plutão cujo valor é $e = 0,25$.

Planeta	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão
e	0,2	0,007	0,02	0,09	0,05	0,06	0,05	0,009	0,25
f(mm)	4,0	1,4	0,4	1,8	1,0	1,2	1,0	0,2	5,0

Tabela 2. Na segunda linha estão as excentricidades das órbitas dos planetas; na terceira linha está a distância (f (mm)) do centro da elipse de eixo maior igual a 4,0 cm até o seu foco. Plutão, o planeta anão, está relacionado por razões históricas.

A figura 52 mostra as elipses que representam as órbitas dos nove planetas do sistema solar. Elas foram calculadas usando os dados da Tabela 2. Observe que todas as elipses da figura abaixo possuem eixo maior igual a 4 cm, o qual foi escolhido arbitrariamente por nós. O ponto central em cada elipse representa o centro da elipse e o ponto à direita dele é um dos focos f da elipse o qual é ocupado pelo Sol. A distância entre o centro e o foco está dada na Tabela 2 e foi calculada usando a relação $f = ea/2$.

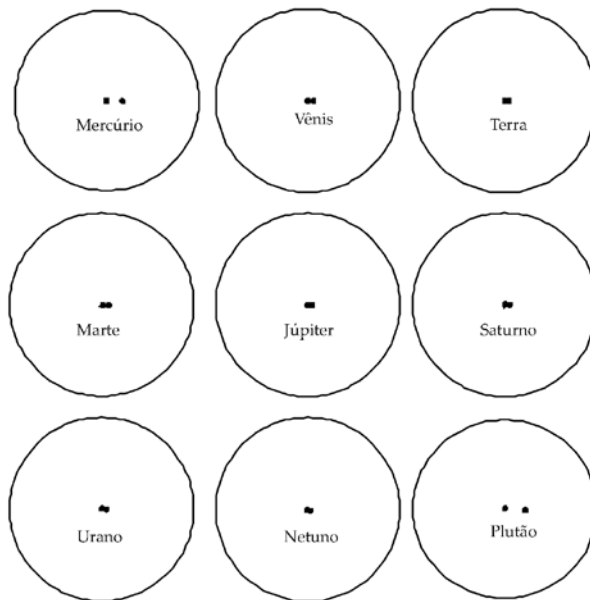


Figura 52: Elipses das órbitas dos nove planetas desenhadas com eixo maior de 4 cm. O ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos o qual é ocupado pelo Sol. Plutão é um planeta anão, mas sua órbita também foi representada por razões históricas

Evidências observacionais da baixa excentricidade da órbita da Terra

- Uma evidência de que a órbita da Terra não é tão achatada (excêntrica) quanto aparece nos livros didáticos é o fato de vermos o Sol sempre com o mesmo tamanho.
- Se a órbita da Terra fosse tão excêntrica, quanto, por exemplo, $e = 0,8$ ou $e = 0,9$, teríamos que ver o tamanho aparente do Sol mudar ao longo do ano.
- Quando próximo dele deveríamos vê-lo enorme (e morreríamos de calor) e quando distante dele o veríamos pequeno e morreríamos congelados (os dois hemisférios da Terra simultaneamente).
- Além disso, quando próximo, teríamos marés enormes e quando distante teríamos somente as marés devido à atração gravitacional da Lua.
- Quando próximo do Sol também haveria erupções vulcânicas gigantescas devido às forças de maré sobre a crosta terrestre, além de outros efeitos catastróficos.

Desenhando elipses com a forma correta

Vamos apresentar nesta seção um método para desenhar elipses, porém existem outros. Inicialmente, apresentaremos os procedimentos para desenharmos uma elipse com uma excentricidade, por exemplo, de $e = 0,2$. Note que a excentricidade $e = 0,2$ corresponde exatamente à excentricidade da órbita do planeta Mercúrio.

1º) Escolher o tamanho do eixo maior (A) da elipse, e isso é arbitrário; então vamos escolher $A = 20,0$ cm.

2º) Determinar a distância entre os focos, ou seja, a distância F . Mas conhecida a excentricidade e , e escolhido o comprimento do eixo maior A , obtemos a distância entre os focos F usando a Eq. (1), ou seja:

$$F = e.A \quad (2)$$

Para os valores usados neste exemplo, $e = 0,2$ e $A = 20,0$ cm, temos que $F = 4,0$ cm

3º) Descobrir qual é o comprimento “L” do barbante a ser usado para desenhar a elipse. Esse comprimento é dado pela soma de F mais A, ou seja:

$$L = F + A \quad (3)$$

4º) Em nosso exemplo, $A = 20,0$ cm e $F = 4,0$ cm, logo $L = 24,0$ cm; assim sendo, é só cortar um pedaço de barbante com pouco mais de 24,0 cm, por exemplo, 28,0 cm, para que quando amarradas as pontas tenhamos na laçada os exatos 24,0 cm.

5º) Em seguida é só fincar dois alfinetes separados pela distância F, envolvê-los com o barbante do item 4 acima e, com um lápis sempre na vertical, e o barbante sempre esticado, traçar a elipse, como ilustra a figura 53.

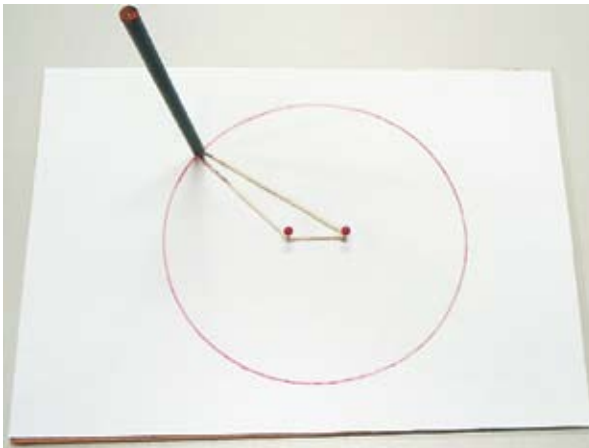


Figura 53: Foto do lápis, barbante, alfinetes para se desenhar a elipse

Neste trabalho ilustramos a forma das elipses em função da sua excentricidade; além disso, mostramos como desenhá-las na forma correta sabendo-se da sua excentricidade. Consultando-se a figura 51 será sempre possível visualizar a forma da elipse para determinada excentricidade.

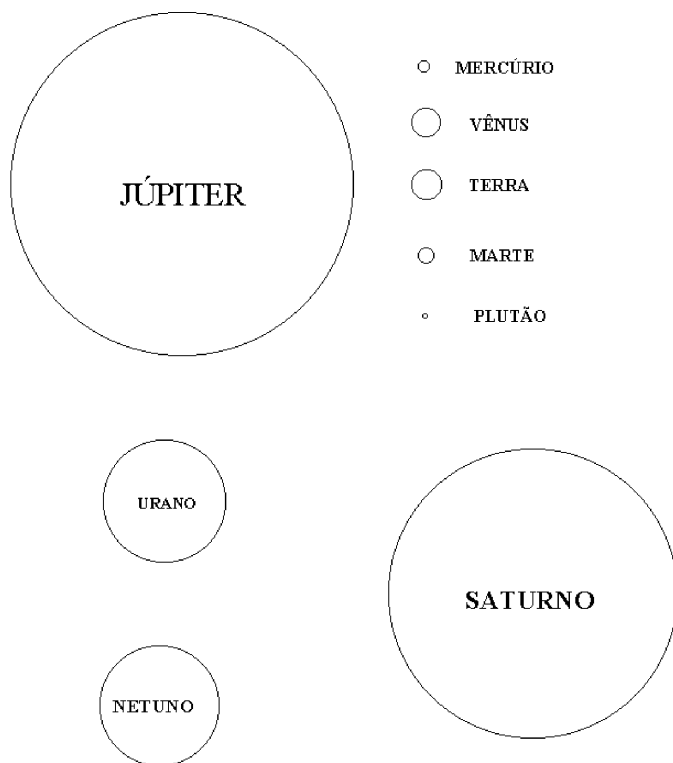
Qual é o tamanho dos planetas?

Quando os livros didáticos abordam o tema *Sistema Solar*, geralmente apresentam uma figura esquemática do mesmo. Nesta figura, o Sol e os planetas são desenhados sem escala e isto não é escrito

no texto, o que permite ao aluno imaginar que o Sol e os planetas são proporcionais àquelas bolinhas (discos) lá desenhadas. Apesar de não estarem em escala, os planetas maiores são representados por bolinhas grandes e os menores por bolinhas pequenas, mas sem nenhuma preocupação com escalas. Em alguns livros, o diâmetro do Sol é comparável ao de Júpiter, o que é um absurdo, claro!

Alguns livros apresentam, além das figuras esquemáticas, uma tabela com os diâmetros do Sol e dos planetas. Esta tabela também não ajuda muito, porque não se consegue imaginar as diferenças de tamanho dos planetas e do Sol apenas vendo os números dos seus diâmetros.

Apresentamos abaixo um procedimento didático, que os alunos podem executar como tarefa extraclasse, reproduzindo (ou não) o material do professor e que permite visualizar corretamente a proporção dos tamanhos dos planetas e do Sol, sem recorrer aos valores reais dos seus diâmetros.



210 Figura 54: Comparação entre os tamanhos dos planetas

Para darmos uma visão concreta do tamanho dos planetas e do Sol, representamos o *Sol* por uma esfera de 80,0 cm de diâmetro e, conseqüentemente, os planetas serão representados, na mesma proporção, por esferas com os seguintes diâmetros:

Mercúrio	Vênus	Terra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Netuno	Plutão(planeta anão)
2,9 mm	7,0 mm	7,3 mm	3,9 mm	82,1 mm	69,0 mm	29,2 mm	27,9 mm	1,3 mm

Usamos jornal velho envolto em papel alumínio para fazer as esferas correspondentes aos planetas Júpiter e Saturno, que são os dois maiores. Basta amassar o jornal num volume maior do que o desejado, depois colocando o papel alumínio ao redor da bola de jornal é só ir amassando até ficar do tamanho desejado. As esferas dos demais planetas são feitas simplesmente amassando papel alumínio até que preencham o disco correspondente de cada planeta. Certamente quem se dispuser a procurar materiais alternativos para esta atividade vai encontrar vários.

Para representarmos o Sol, usamos um balão (amarelo, de preferência) de aniversário, tamanho gigante (aquele que geralmente é colocado no centro do salão de festas, com pequenos brindes dentro dele e é estourado ao final da festa), o qual é encontrado em casas de artigos para festas (ou atacadistas de materiais plásticos). Existem diversos tamanhos de balões gigantes, de diversos fabricantes e, portanto, de diversos preços.

Enchemos o balão no tamanho certo, usando um pedaço de barbante de comprimento (C) igual a 2,51 m, com as pontas amarradas, pois $C = 3,14 * D$, sendo $D = 0,80$ m (o diâmetro que o balão deve ter). À medida que o balão vai sendo inflado (na saída do ar do aspirador de pó, por exemplo), colocamos o barbante no seu Equador até que ele circunde perfeitamente o balão. É fundamental que o barbante seja posicionado no Equador (meio) do balão durante o enchimento, pois se ele ficar acima ou abaixo do equador, o balão poderá estourar, para a alegria da criançada.

Você pode ver um pequeno filme sobre esta atividade em <<http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=222&COMPARACAO+ENTRE+O+TAMANHO+DOS+PLANETAS+E+O+SOL>>

Esta atividade permite ver a gigantesca diferença de volume existente entre o Sol e os planetas. Só mesmo enchendo o balão e fazendo as bolinhas que representam os planetas, tomaremos consciência da enorme diferença que existe entre os volumes do Sol e dos planetas.

Os alunos participam animadamente desta atividade. Esta é uma atividade que, uma vez feita, dificilmente se esquece, pois ela é muito marcante.

Fica ainda como sugestão que, na impossibilidade de se fazer esta atividade tal como descrita acima, ela seja feita só com discos. Emendam-se duas cartolinas amarelas e recorta-se um disco com 80 cm de diâmetro.

Veja detalhes em:

<http://pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=294&COMPARACAO+ENTRE+O+TAMANHO+DOS+PLANETAS+E+O+SOL+BIDIMENSIONALMENTE>

Referências

BIZZO, N. (1996). Graves erros de conceitos em livros didáticos de ciências, **Ciência Hoje**, v(121) (21), p. 26 – 35, 1996.

CANALLE, J.B.G., (1998a), E afinal, a Lua gira ou não gira sobre si mesma?, **Jornal Cosmos de Astronomia e Ciência Espacial**, Rio Grande do Sul, v.6, n.5, p.3-3.

CANALLE, J.B.G. (1998b), Técnicas de análise de livros didáticos do 1º grau e dos seus conteúdos de astronomia. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, São Paulo, v.17, n.3, p.37-41.

CANALLE, J.B.G., TREVISAN, R.H. e LATTARI, C.J.B. (1997). Análise do conteúdo de astronomia de livros de geografia de 1o grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 14, n o 3, p. 254 - 263.

CANIATO, R., (1983), Ato de fé ou conquista do conhecimento, **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, ano 6, número 2, abril-junho de 1983, páginas 31 a 37.

IEZZI, G. e DOLCE, (1972), **Geometria Analítica**, Editora Moderna Ltda, p.179

TREVISAN, R.H., LATTARI, C.J.B. e CANALLE, J.B.G., (1997), Assessoria na avaliação do conteúdo de astronomia dos livros de ciências do primeiro grau, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 14(1), p. 7-16.