

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ATIVIDADES PRÁTICAS:
PROPOSTA PARA FORMAÇÃO INICIAL DE DOCENTES**

TESE DE DOUTORADO

LENIRA MARIA NUNES SEPEL

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ATIVIDADES PRÁTICAS:
PROPOSTA PARA FORMAÇÃO INICIAL DE DOCENTES**

por

LENIRA MARIA NUNES SEPEL

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Educação em Ciências.

Orientador: Professor Dr. João Batista Teixeira Rocha

Santa Maria, RS, Brasil

2012

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sepel, Lenira Maria Nunes

História da ciência e atividades práticas: proposta para formação inicial de docentes / Lenira Maria Nunes Sepel.-2012.

158 p.; 30cm

Orientador: João Batista Teixeira da Rocha

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, RS, 2012

1. ensino de ciências I. Rocha, João Batista Teixeira da II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

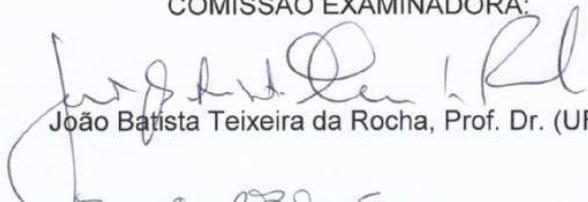
A Comissão Examinadora, abaixo assinado,
aprova a Tese de Doutorado

**HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ATIVIDADES PRÁTICAS:
PROPOSTA PARA FORMAÇÃO INICIAL DE DOCENTES**

elaborada por
Lenira Maria Nunes Sepel

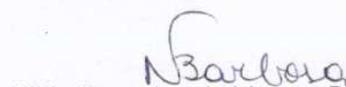
como requisito parcial para obtenção de grau de
Doutor em Educação em Ciências

COMISSÃO EXAMINADORA:


João Batista Teixeira da Rocha, Prof. Dr. (UFSM)


Marlise Ladvoat Bartholomei Santos Prof^a. Dra (UFSM)


Maurício Roberto Motta Pinto da Luz Prof. Dr. (FIOCRUZ)


Nilda Berenice de Vargas Barbosa Prof^a Dra (UFSM)


Noemi Boer Profa Dr^a (UNIFRA)

Santa Maria 27, de fevereiro de 2012.

DEDICATÓRIA

Para:

Elgion,

Júlia

e Neida.

AGRADECIMENTOS

**Ao João, orientador, pelo apoio e paciência,
ao Élgion - por tudo e mais um pouco,
à minha mãe pelo auxílio de leitura do texto,
à minha Júlia - por saber esperar.**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da busca de sugestões de aulas com atividades práticas no Portal do Professor.....	45
Tabela 2. Planejamentos de aulas com outros recursos além de pesquisa/leitura de texto na internet ou vídeos.	49
Tabela 3. Resultados da análise das Sugestões de Aula classificadas como ‘candidatas a práticas demonstrativas’.	54
Tabela 4 Resultados da análise das Sugestões de Aula classificadas como ‘candidatas a práticas naturalistas’	55
Tabela 5. Listagem de textos de apoio para as discussões do curso <i>Planejamento e Execução de Atividades Práticas no Ensino Médio</i>	
Tabela 6. Listagem de textos de apoio para as discussões do curso <i>Planejamento e Execução de Atividades Práticas no Ensino Médio.</i>	64

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	UMBERTO ECO: "O EXCESSO DE INFORMAÇÃO PROVOCA AMNÉSIA"	165
Anexo B	ATIVIDADES PRÁTICAS DESENCADEADORAS	167
	<i>Atividade 1. COMO SABER SE UMA SOLUÇÃO É ÁCIDA OU BÁSICA?</i>	168
	<i>Atividade 2 O GÁS PRODUZIDO PELAS PASTILHAS DE ANTIÁCIDO EFERVESCENTE É DIFERENTE DO AR?</i>	170
	<i>Atividade 3 O GÁS DOS REFRIGERANTES É DIFERENTE DO AR?</i>	172
	<i>Atividade 4 - O AR QUE EXPIRAMOS É IGUAL AO QUE INSPIRAMOS?</i>	174
	<i>Atividade 5 - CÉLULAS PRODUZEM GÁS?</i>	176
	<i>Atividade 6 - O GÁS PRODUZIDO PELAS LEVEDURAS PODE SER O MESMO DO REFRIGERANTE?</i>	178
	<i>Atividade 7 O QUE ACONTECERIA SE UM ANIMAL FOSSE EXPOSTO A UMA CONCENTRAÇÃO ELEVADA DE CO₂?</i>	180

	<i>Atividade 8 - A INFUSÃO DE REPOLHO ROXO É UM INDICADOR DE pH CONFIÁVEL?</i>	182
Anexo C	DIY , OS “ FAZEDORES” E A CIÊNCIA DE GARAGEM	185
Anexo D	EXERCÍCIO DE DIVULGAÇÃO DE CT E AULAS PRÁTICAS COMPLEXAS	189
Anexo E	PESQUISA COLETIVA SOBRE CT NO SÉCULO XIX	192

LISTA DE ABREVIATURAS

CT	Ciência e Tecnologia
TIC	Tecnologias de Comunicação e Informação
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MEC	Ministério da Educação
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNE	Plano Nacional de Educação
INEPE	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PESD	Publicação eletrônica sem data
HC	História da Ciência

SUMÁRIO

	Página
Resumo	11
Abstract	12
Introdução	13
Parte I - Investigações sobre o ensino de Ciências e atividades práticas	17
1 O uso de réplicas do microscópio de Leeuwenhoek	19
2 A construção de microscópios	39
3 Sugestões de aulas práticas de Biologia no Portal do Professor (MEC/Brasil)	45
3.1 Análise das Sugestões de Aula obtidas no Portal do Professor através da busca ' <i>aulas no laboratório</i> '	47
3.2 Análise das sugestões de aulas que não foram incluídas na busca com a expressão ' <i>aulas no laboratório</i> '	49
3.3 Comentários finais	55
PARTE II proposta de curso para formação docente sobre planejamento e exe- cução de atividades práticas	57
4 <i>Planejamento e execução de atividades práticas para o ensino médio</i> – proposta de curso	58
5 A renovação necessária no ensino de Biologia	62
6 A crise e as reformas do ensino de Ciências	66
7 A formação docente para ensino de Ciência e Tecnologia	72
8. O ensino da Ciência e o exercício da cidadania	76
9 Ciência, Tecnologia, Sociedade e alfabetização científica	80

10 Aulas práticas	87
10.1 Aulas práticas: definições e classificações	90
10.2 A importância das atividades práticas	92
11 As adaptações necessárias para as atividades práticas de Ensino Médio	94
12 Por que as atividades práticas não são comuns?	98
13 Os diferentes tipos de atividades práticas	103
14 As atividades práticas e as teorias de aprendizagem	108
15 História da Ciência e planejamento de aulas práticas	116
16 Argumentações sobre a importância de construir	121
17 Como é feito?	123
18 Qualquer aula prática é melhor que nenhuma?	124
19 Qual o alcance das atividades experimentais?	126
Conclusões	130
Anexo A - Umberto Eco: "o excesso de informação provoca amnésia"	131
ANEXO B - Atividades práticas desencadeadoras - primeira parte do curso sobre planejamento e execução de atividades práticas para formação do- cente	134
Anexo C - DIY , os “fazedores” e a Ciência de Garagem	147
Anexo D - Exercício de divulgação de Ciência e Tecnologia e aulas práticas complexas	150
Anexo E - Pesquisa coletiva sobre Ciência e Tecnologia no Século XIX	152
Referências.....	154

RESUMO

O presente trabalho tem como ideia geral a associação entre atividades práticas e História da Ciência para o ensino de Ciências no Ensino Médio, considerando que essa forma de apresentação tem grande potencial para motivar os alunos para o estudo, permitir o desenvolvimento de habilidades que não podem ser atingidas com aulas teóricas e leituras e facilitar a compreensão sobre a forma de produção do conhecimento científico.

A tese está dividida em duas partes, a primeira (capítulos de 1 a 3) apresenta, sob forma de artigos, as investigações realizadas sobre história da microscopia e ensino de Biologia Celular; o desenvolvimento de um microscópio simplificado para aplicação em aulas de Biologia Celular e a pesquisa sobre sugestões de aulas práticas no Portal do Professor (MEC/Brasil).

Na segunda parte são apresentados textos e experimentos que compõem uma proposta de curso para formação docente, tendo como tema planejamento e execução de atividades práticas no Ensino Médio.

ABSTRACT

The central idea of this work is the association between practical activities and Science History to teaching Science in the high school. This association has great potential to motivate the students to independent learning, permits the enhancing of skills and make easier the comprehension of the nature of scientific knowledge.

The chapters are organized in two groups. The first one, chapters one to three, are the results of investigations about microscopy history and practical activities applied to Biology Cellular teaching, the development of a very simple microscopy and an analysis of the classes suggestions published in the Portal do Professor (MEC/Brazil).

The second group of chapters is the proposal of a course for teacher formation about planning and application of practical activities in the high school.

INTRODUÇÃO

Nos últimos dois séculos, o grande desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia (CT) criou situações novas para o ensino, notadamente em duas áreas: formação de docentes e apresentação da Ciência à sociedade. Paralelo às questões relacionadas com a formação de docentes - mas sofrendo forte influência dos problemas dessa área - está o desafio de manter a população devidamente informada e esclarecida sobre os avanços recentes de Ciência e Tecnologia.

Dentre as inúmeras novidades de CT, quais devem ser priorizadas no ensino? Seja para formação de docentes, seja na educação básica, será necessário elegeer áreas e conteúdos, pois frente a grande quantidade de informações será impossível ensinar ‘ tudo’.

A constituição dos currículos, principalmente os programas das disciplinas da área científica, tem consequências profundas sobre o quanto, no futuro, os alunos estarão motivados e preparados para se envolver em questões associadas à CT, incluindo a escolha de profissão. Assim, as decisões das escolas e dos professores, tanto na seleção de temas para compor programas ou de recursos e metodologias para a realização das aulas, são consideradas essenciais para a formação do cidadão capaz de exercer direitos e deveres no contexto atual do científico-tecnológico.

Dentre as áreas com maior desenvolvimento e com aplicações diretas no cotidiano, pode-se destacar saúde e ambiente; associadas a elas estão inúmeros materiais e processos de produção novos e complexos. É comum encontrar na mídia apresentações sobre os avanços da CT nessas áreas, mas nem sempre tais assuntos têm espaço nos programas das disciplinas da área de Ciências. Por exemplo, nanotecnologia e da bio-

tecnologia são temas atuais e com aplicações importantes nas áreas da saúde e ambiente, mas em que situações esses assuntos fazem parte dos programas escolares?

Definir o que deve ser ensinado é uma das discussões mais complexas sobre o ensino de Ciências. Estabelecer quais são as prioridades do ensino na área científica é imprescindível (uma vez que é impossível ensinar tudo) e envolve duas questões muito polêmicas que podem ser respondidas de modos muito diferentes:

1) Quem deve ser responsável por definir as prioridades de ensino de Ciência?

As respostas extremas para essa questão identificam, como única fonte legítima para a seleção de conteúdos, os interesses dos alunos ou os planos e políticas de desenvolvimento governamentais. Entre essas duas situações opostas está a realidade dos programas de ensino para a área de Ciência, construídos com participações, nem sempre claras, envolvendo alunos, professores, comunidade e governos.

2) A quem se destina o ensino de CT?

Uma resposta simples pode ser ‘para todos’, ou seja, compreender CT é algo desejável para qualquer cidadão. As outras opções de resposta são mais restritivas: apenas para os futuros especialistas em CT ou apenas para os usuários. Dependendo da resposta escolhida para essa questão teremos uma situação diferente em relação à seleção de informações.

Enquanto a universalidade do ensino de CT põe em destaque a discussão sobre o que ensinar, o ensino de CT apenas para formação de profissionais delimita os conteúdos às áreas específicas. O entendimento de que o ensino de CT deve estar associado ao que se pretende utilizar em termos de serviços ou produtos, pode dar origem a programas do tipo ‘manual de instruções’ destinado a orientar o consumidor. É possível ensinar

É possível instruir para maior facilidade na utilização de serviços e produtos derivados de CT, sem ensinar Ciência. O usuário é ponto chave no desenvolvimento da economia baseada em tecnologia, mas ele não precisa ‘entender’ o que está consumindo. Essa situação cria um novo problema: se o consumidor não é esclarecido sobre as origens e as formas de produção do que está utilizando, suas decisões talvez não sejam consistentes com seu modo de ver o mundo. Para algumas pessoas, a resposta em relação à essa possibilidade é de aceitação plena dos produtos derivados de CT, sem limites e sem questionamentos. Outro extremo de comportamento em relação à falta de conhecimento sobre CT é a rejeição *a priori*, a resistência em aceitar novidades - que em situações exacerbadas pode ser designada como tecnofobia.

A escola cumpre seu papel na formação de cidadãos esclarecidos sobre CT através de: 1) programas de disciplinas que sejam adequados às necessidades da sociedade; 2) métodos que sejam eficientes para o ensino de informações complexas; 3) recursos apropriados para desenvolver programas e métodos.

Um dos fatores mais importantes, no que se refere a recursos para o ensino das Ciências, é a formação de professores preparados para responder às necessidades das comunidades onde atuam. Como formar de modo continuado os docentes responsáveis pelo ensino nas áreas das Ciências que, constantemente, produzem novidades com aplicabilidade direta no cotidiano?

Manter atualizados os professores em relação às novidades de CT é apenas uma parte do problema. Igualmente preocupante é a redução no número de jovens que escolhem a Ciência como profissão, seja para atuar em pesquisa seja para exercer a docência. A constatação de que as carreiras associadas à Ciência não são as mais procuradas fez emergir várias questões sobre o ensino das Ciências na educação básica.

Uma questão muito debatida é a responsabilidade da escola na falta de motivação dos alunos para estudar Ciência. As disciplinas da área de Ciências são consideradas, pela maioria dos estudantes, como difíceis, com aulas monótonas, excesso de termos para memorizar e assuntos que não tem utilidade no cotidiano. Como tornar o ensino de Ciências mais adaptado às necessidades e interesses dos alunos? Como desenvolver o interesse por CT durante o ensino médio e incentivar a escolha de carreiras ligadas à Ciência?

A partir dessas considerações sobre CT e ensino de Ciências, a presente tese tem como ideia geral a associação entre atividades práticas e História da Ciência para o ensino de Ciências no Ensino Médio, considerando que essa forma de apresentação tem grande potencial para motivar os alunos para o estudo, permitir o desenvolvimento de habilidades que não podem ser atingidas com aulas teóricas e leituras e facilitar a compreensão sobre a forma de produção do conhecimento científico.

A tese está dividida em duas partes, a primeira (capítulos de 1 a 3) apresenta, sob forma de artigos, as investigações realizadas sobre história da microscopia e ensino de Biologia Celular; o desenvolvimento de um microscópio simplificado para aplicação em aulas de Biologia Celular e a pesquisa sobre sugestões de aulas práticas no Portal do Professor (MEC/Brasil).

Na segunda parte são apresentados textos e experimentos que compõem uma proposta de curso para formação docente, tendo como tema planejamento e execução de atividades práticas no Ensino Médio.

PARTE I

INVESTIGAÇÕES SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS E ATIVIDADES PRÁTICAS

No primeiro capítulo é apresentada uma pesquisa realizada com alunos de graduação que utilizaram, em aula prática, réplicas do microscópio de Leeuwenhoek. Os resultados dessa pesquisa indicam que alguns aspectos da HC podem ser aliados ao ensino da Ciência contemporânea, tendo como benefícios uma melhor compreensão na natureza do conhecimento científico e uma maior motivação para a busca independente de informações.

No capítulo 2, a construção de um microscópio simplificado, utilizando lentes de leitores de cd ou DVD é apresentada passo a passo, sendo essa uma contribuição para a difusão de aulas práticas de Biologia Celular através de atividades simplificadas e de baixo custo que podem ser feitas em qualquer situação.

O capítulo 3 é dedicado à análise dos planejamentos sugeridos no Portal do Professor (MEC/Brasil) para aulas de Biologia no Ensino Médio.

1 O USO DE RÉPLICAS DO MICROSCÓPIO DE LEEUWENHOEK

Promover uma ‘volta ao passado’ é útil para desenvolver comparações entre equipamentos, técnicas e formas de raciocínio, desde que sejam considerados os contextos culturais específicos. As referências socioculturais de cada época permitirão que se explore devidamente a evolução de CT como produto cultural e não como manifestação de gênios isolados.

Entender como eram produzidos os instrumentos que deram origem aos resultados que hoje estão nos livros é uma situação bem rica em termos de ensino-aprendizagem. O trabalho apresentado a seguir corresponde a uma investigação sobre o efeito do uso de réplicas do microscópio de Leeuwenhoek na motivação para pesquisar as contribuições dos primeiros microscopistas e suas implicações no desenvolvimento da teoria celular.

A investigação foi realizada com alunos ingressantes no ensino superior e foi dividido em quatro etapas. 1) Avaliação dos conhecimentos sobre a história da microscopia e da Teoria Celular, através de questões objetivas (pré-teste); 2) sensibilização em relação a história da microscopia, através da manipulação de réplicas do microscópio de Leeuwenhoek e observação de células nesses equipamentos; 3) desafio de buscar na internet sites que apresentassem informações sobre a história dos primeiros microscopistas, apresenta ou não os resultados dessa busca para os colegas; 4) pós-teste para avaliar se a busca de informações na internet foi efetiva.

A discussão das respostas do pré-teste de conhecimentos foi importante para provocar desestabilização e dúvidas sobre várias informações. A análise das respostas evidenciou que a maioria dos alunos possui informações fragmentadas sobre a história da Ciência, dificuldades para ordenar cronologicamente os eventos históricos e estabelecer vínculos entre os eventos que resultaram no desenvolvimento da teoria celular.

As principais conclusões dessa investigação foram:

- Apesar de constar nos livros de Ensino Médio, a história da microscopia e da Teoria celular não são informações presentes de modo organizado ou não fazem parte do conhecimento prévio.

- O papel do microscópio no desenvolvimento da Biologia é pouco explorado;

- O uso de réplicas do microscópio de Leeuwenhoek foi eficiente em estimular a curiosidade tanto em relação para Biologia Celular quanto para História da Ciência e a maioria dos alunos se envolveu em pesquisas sobre esses temas.

- As atividades propostas com as réplicas instigaram a curiosidade sobre a manufatura, o funcionamento dos equipamentos e também despertaram o interesse sobre a evolução do conhecimento dentro da área de Biologia Celular.

Article

Using a Replica of Leeuwenhoek's Microscope to Teach the History of Science and to Motivate Students to Discover the Vision and the Contributions of the First Microscopists

Lenira M.N. Sepel,^{*†} Elgion L.S. Loreto,^{*†} and João B.T. Rocha^{†‡}

^{*}Departamento de Biologia (Centro de Ciências Naturais e Exatas)-Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil; [†]Programa de Pós Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, and Universidade Federal do Rio Grande); and [‡]Departamento de Química (Centro de Ciências Naturais e Exatas)-Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

Submitted December 1, 2008; Revised August 17, 2009; Accepted August 24, 2009
Monitoring Editor: Jeff Hardin

The history of science should be incorporated into science teaching as a means of improving learning and also to increase the students' understanding about the nature of science. In biology education, the history of microscopy deserves a special place. The discovery of this instrument not only opened a new and fantastic microworld but also led to the development of one unifying principle of biological sciences (i.e., cell theory). The microscopes of Leeuwenhoek and Hooke opened windows into the microworld of living organisms. In the present work, the knowledge of these themes was analyzed in a group of students beginning an undergraduate biology course. Our data suggest that the history of microscopy is poorly treated at the secondary school level. We propose a didactic activity using a replica of Leeuwenhoek's microscope made with Plexiglas and a lens obtained from a key chain laser pointer or from a broken CD drive. The proposed activity motivated students to learn about microscopy and helped them to appreciate scientific knowledge from a historical perspective.

INTRODUCTION

"... were incredibly small, nay so small, in my sight, that I judged that even if 100 of these very wee animals lay stretched out one against another, they could not reach to the length of a grain of coarse sand." (Leeuwenhoek, 1666)

Scholars have recognized that the history of science should be included in the science curriculum, both at the secondary and university level (Matthews, 2004) to improve the students' conceptions about the nature of science (NOS). In fact, over the past decade, the NOS has enjoyed renewed attention among science educators as a principal component of scientific literacy (National Research Council, 1996). Recent studies specify that science teachers should not only

teach in a manner consistent with current views of the scientific enterprise but also purposefully instruct students in specific aspects of the NOS. To improve this situation, many researchers have recommended initiatives such as teaching about the history of science to help students develop more accurate views about the NOS (Duschl, 1990; Matthews, 1994; Hsu and Lee, 1995; Monk and Osborne, 1997). Studying the history and the philosophy of science develops a better understanding of the nature of the scientific enterprise and an appreciation for how science concepts change with the time. It also leads to a better understanding of the concepts themselves (i.e., it improves science learning). The history of science provides contextual information of what definitions, thoughts, concepts, and theories of science have prevailed during different moments in history. Also, it shows that science is a human endeavor, and it reveals the deficiencies of such a human effort (Dass, 2005).

DOI: 10.1187/cbe.08-12-0070

Address correspondence to: Lenira M.N. Sepel (lenirasepel@gmail.com).

In biology teaching, it is important to call attention to the contributions made by the first microscopists during the seventeenth century, who described a completely new world. In fact, these investigators first demonstrated the existence of microorganisms present in a drop of water or vinegar, and they also gave detailed descriptions of many tiny structures such as insect and plant parts.

One pioneer in the use of the microscope was Robert Hooke (1635–1702), an English physicist. In 1665, Hooke published *Micrographia* that described not only minute structures but also distant planetary bodies, the Wave theory of light, the organic origin of fossils, and various other philosophical and scientific subjects. Hooke coined the term “cells” to refer to the units that he saw in cork slices. *Cella* is a Latin word meaning “a small room” that monks inhabited. Latin-speaking people applied the word *cellulae* to the six-sided cells of the honeycomb. Part of this book can be accessed online at <http://archive.nlm.nih.gov/proj/tp/flash/hooke/hooke.html>.

Another prominent microscopist of the seventeenth century was Antony van Leeuwenhoek (1632–1723), a tradesman from Delft, Holland. The reading of Hooke's book is believed to have roused an interest in van Leeuwenhoek to use the microscope to investigate the natural world. He became an expert in constructing extremely simple microscopes using only one lens, mounted in a tiny hole in the brass plate that made up the body of the instrument. Using these simple devices, he was the first to observe and describe single-celled microorganisms, which he originally referred to as *animalcules*. He was also the first to record microscopic observations of muscle fibers, bacteria, and spermatozoa. In a long series of papers presented to the Royal Society of London, he described many specific forms of these microorganisms and structures. Throughout his lifetime, van Leeuwenhoek made >400 different microscopes, but only a dozen of these still exist today. Those that have survived are able to magnify up to 275 times. However, it is suspected that van Leeuwenhoek possessed some microscopes that could magnify up to 500 times.

The descriptions of these first microscopists were crucial to the subsequent development of biological theories in the succeeding centuries. For example, it permitted the refutation of the theory of spontaneous generation by Louis Pasteur (1822–1895) two centuries later, as well as the refutation of the miasma disease theories (Kahtan and Greenberg, 1992). The development of cell theory (Schleiden, 1804–1881; Schwann, 1810–1882), which is one of the most important theories in biology, was a consequence of these pioneering works (Mazzarello, 1999).

In Brazil, the textbooks for the first year of secondary level biology always show figures of the Leeuwenhoek and Hooke microscopes and describe briefly the history of first microscopic observations and the genesis of the cell theory. Despite this exposure, our experience has shown that students arrive at university without basic knowledge of these historical facts. Many students are unable to recognize the Leeuwenhoek device as a microscope, even though this figure was presented in their secondary school textbooks. Our experience also has shown that traditional ways of teaching these historical facts, such as a text reading, do not normally promote enthusiasm in the students.

We are living in the information era, and the Internet has revolutionized the means and the rate at which we can obtain information. More than just transmitting information, our didactic activities aim to promote curiosity and to motivate students to independently acquire knowledge.

The objectives of this work were to 1) analyze what undergraduate biology students remembered about the history of the first microscopists from their regular biology courses in high school; 2) quantify the fraction of students who are able to recognize the Leeuwenhoek microscope; and 3) propose and test a didactic activity involving the history of biology that is capable of motivating “self-learning.”

PROPOSITION OF A DIDACTIC ACTIVITY TO DEVELOP INTEREST IN THE HISTORY OF BIOLOGY

Study Participants

The participants of this study were undergraduate students at the start of the bachelor-level course in biological sciences at Santa Maria University in Brazil. Our sample consisted of 132 students who were enrolled in the first-semester cell biology course. Two classes were included in this study, and they were named the 2008 class and the 2009 class.

Class Activities

The class activities were very simple and quick, consisting of four parts or steps. First was the presentation of some questions to verify the level of information about history of science. This was followed by practical activities to create a sensible view of the question that was then followed by a challenge task. Finally, an evaluation was used to access the level of motivation created and determine whether the students could remember these activities and related information for a long time.

In the first step, the pretest was applied. The pretest was composed of multiple-choice questions that were designed to verify whether the students correctly associated pictures, names, and dates about the history of the microscope. At least three questions regarding the same subject were presented, and a student was only classified as “knowing the information” if he or she answered correctly the whole set of questions.

Afterward, during the sensibilization step, the students were invited to use a microscope similar to Leeuwenhoek's. The rationale for this moment was to promote curiosity about the early microscopes and contributions of the first microscopists. Later, the students were encouraged to search for information about early microscopes and microscopists themselves. These class activities are detailed below.

First Step: Destabilization. Promoting situations in which our knowledge should be put in check is sometimes a good way to become disposed to learn more about a subject. Using this principle, we prepared a set of questions in a PowerPoint presentation for the students, and they received a grade to record their choices. Two groups of questions were presented. In the first, the students were asked whether the microscope had already been invented in relation to other historical facts, such as the invention of the

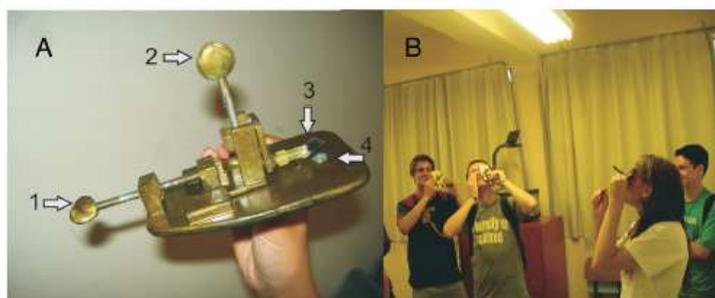


Figure 1. (A) A view of Leeuwenhoek's replica microscope made with Plexiglas and a lens obtained from a key chain laser pointer. 1, "control stage" screw; 2, focus screw; 3, "slide" with preparation; and 4, lens. (B) Students in a classroom making observations with the replica of Leeuwenhoek's microscope.

electric lamp, the first pox vaccine application, Gutenberg's first book printing, and the arrival of Columbus in the Americas. The goal of these inquiries was to see whether the students were able to roughly identify the historical period of microscope invention.

The purpose of the second query set was to see whether the students were able to identify the first microscopes, and the set consisted of figures of devices that were to be identified as microscopes or not microscopes. Eighteen figures were used. Some pictures corresponded to the first microscopes, made by Leeuwenhoek and Hooke, and others were pictures of modern optical and electronic microscopes. Other equipment, such as telescopes, polarimeters, and spectrophotometers, also was shown.

In the other part of the test, the students responded freely to the following three questions: 1) When were microorganisms seen for first time, and who described them? 2) What do they imagine the first microscopes were like? 3) What is the cell theory and who formulated it?

Second Step: Sensibilization. In this step, the students had the chance to use a "replica" of Leeuwenhoek's microscope and to see different microscopic structures such as onion cells, *Paramecium* and other microorganisms, insects, and parts of plants. The goal of these activities was to allow the students to observe that a very simple device can permit a meaningful observation of the "microworld." Also, this activity served to highlight how marvelous the discovery of this microworld would have been centuries ago.

In the literature, there are some wonderful descriptions on how to construct a replica of Leeuwenhoek's microscope, including the website at www.mindspring.com/~alshinn/Leeuwenhoekplans.html. However, these replicas are not simply made. We have developed a simpler device to be used in our classes. The lens is obtained from a key chain laser pointer or from a broken CD drive. The microscope body is made of acrylic glass (Plexiglas), a screw, and epoxy putty that have been painted with bronze paint (Figure 1A). Another even simpler device can be made using recycled material such as a polyethylene terephthalate bottle and a plastic box. The description of how both apparatuses can be constructed can be found in the Supplemental Material.

Figure 2 depicts some materials, such as onion cells and mosquitoes, that were observed by the students using the replica of Leeuwenhoek's microscope. These photos were obtained directly by the homemade microscope by using a

webcam. The microscopes made using a chain laser pointer lens are able to magnify approximately 80–100 times, whereas using a CD lens magnifies approximately 200 times. This last magnification is approximately the same as that of the Leeuwenhoek microscope. These activities do not need to be performed in the laboratory; we conducted them in the classroom. Different materials such as microorganisms, plant tissues, and insects were put in various microscopes, and the students shared their observations and impressions (Figure 1B).

Third Step: The Challenge. During the sensibilization moment, the students were informed that the simple microscopes they were using corresponded to replicas of Leeuwenhoek's microscope. They were also told that in the same historical period, another scientist named Robert Hooke constructed a different microscope and made other important contributions. In addition, it was emphasized that the works of these first microscopists were essential to the development of biology.

We proposed to the students that they search for more information about the history of microscopy and early microscopists by using the Internet. We also suggested that they describe their personal experience with these class activities. One group was informed that they could send the results of their Internet searches to the teachers via email (2008 class), and the other group did not receive this suggestion (2009 class). It was clear to both groups that this Internet search was a voluntary activity that would have no bearing on the students' grades.

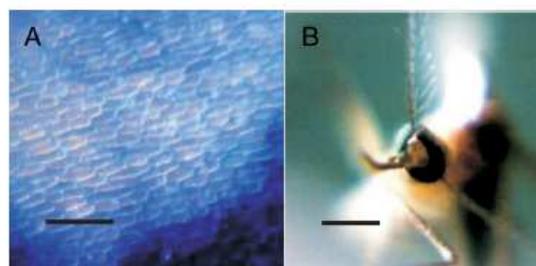


Figure 2. Materials observed in the Leeuwenhoek replica microscope. (A) Onion cells. (B) Mosquito. Bars, approximately 200 μm .

Fourth Step: Evaluation. The effectiveness of these class activities in promoting learning, as well as the students' motivation to perform an Internet search about the history of the microscope, were evaluated by comparing pretests and posttests (Sundberg, 2002). These two categories were assessed by using five groups of questions presented to the students at two different time points: 3 wk after the practical activities (2009 class) and 16 mo later (2008 class). This temporal and spatial separation between the evaluations given to the two student groups allowed for identification of not only short-term learning but also long-term retention of knowledge. The average scores of both groups in pre- and posttest questions were compared using *t* test.

Only one posttest question was "open-ended"; it asked whether the voluntary search had been conducted and why. The other posttest questions asked for information that should have been obtained during the Internet search (not presented during class). The posttest also permitted an evaluation of what conditions were more effective in motivating the students and promoting learning: asking for written reports (2008 class) or simply suggesting that the students seek additional information by using the Internet (2009 class).

RESULTS AND DISCUSSION

What Did the Students Know about the History of the First Microscopists? The Pretest Results

The studied sample was composed of two groups of students (2008 class and 2009 class). The same pretest was administered to both groups at different times: for the 2008 class, the pretest was administered in October 2007; for the 2009 class, it was administered in April 2009. The scores for both groups were compared, and they were very similar. No statistically significant difference in pretest answers was found between the 2008 class and 2009 class.

Only 19.3% of our students were able to recognize the Leeuwenhoek microscope, even though modern optical microscopes were recognized (Table 1). Other early equipment, such as that made by the Jansens, was only recognized by 25.4% of students. However, Hooke's device was identified as a microscope by 77.3% of the students, probably because it is a compound microscope that more closely resembles a modern microscope. The modern optical microscope, with an ocular, nose piece, and stage, is a symbolic scientific instrument and was recognized well by the students. However, the history of this apparatus and its role in the development of biological theories are not recognized extensively.

The historical period in which Leeuwenhoek and Hooke lived and made their contributions is also not known by the majority of students (89.8%). Even Robert Hooke's name was only remembered by three students.

Our data show that students entering university in Brazil have not learned the history of the discovery of the microworld or the genesis of cell theory, despite the fact that secondary school textbooks contain these topics.

Developing Interest in the History of Science

Mentioning to the students that their teachers would like to receive the results of their Internet searches about the history

Table 1. Percentages of students who were able to correctly identify the first microscopists, the devices, and the historical period, in the pre- and posttest questionnaires

	Pretest results ^a	Posttest results ^a
Historical period of first microscopists	10.2	58.33
Leeuwenhoek's microscope	19.3	90.91
Hooke's microscope	77.3	90.91
Jansen's microscope	25.4	90.91
Recognize the first microscopists	— ^b	87.88
Biological material analyzed by the first microscopists (<i>Micrographia</i> pictures)	21.5%	54.54
Modern optical microscope	100	No question included
Electron microscope	97.7	No question included
Other equipment (e.g., spectrophotometer, polarimeter)	85	No question included

^a Considering a sample of 132 students. There was no significant difference between the 2008 class and the 2009 class results.

^b The triangulated questions indicated that students selected the correct option simply by guessing.

of microscopy was very effective in mobilizing the students to perform the search (2008 class). The majority of students (96.5%) spontaneously performed a search and sent their report to the cell biology course website to be shared with classmates. Analysis of the posttest revealed that the students' answers could be separated into two subgroups. One subgroup (52.3%) said that the reason for performing the suggested search was curiosity about the topic. The other subgroup (47.7%) responded that the reason was the suggestion made by the teachers.

The data gathered from students in the 2009 class, who did not receive a suggestion to send search reports to their teachers, were satisfactory, although a low percentage (65.8%) of students responded that the search had been performed. The major reasons given by the students for not completing the suggested activity were as follows: "I had problems with Internet access at home" and "I forgot about it." It is remarkable that a majority of the students (52.3% in the 2008 class and 65.8% in the 2009 class) answered in the posttest that they performed the voluntary search and cited curiosity as the reason.

Also, the personal experience descriptions about the class activities were heartening; the majority of the students evaluated the activities very positively. As an illustration, we describe some reports below.

Student 1. I am sure it was a unique experience, never have I imagined that so small and simple a microscope could be so interesting... While today is well known that many "animals" exist that cannot be seen without the help of a lens, even now it is curious to see these creatures moving. I loved to see the "microbes" moving in the water, the onion cells, as well as some details in the fruit fly. It is marvelous

to know that with a so simple microscope, it is possible to see a lot of things

The opportunity to see a “replica” of the Leeuwenhoek microscope was marvelous, and I can say that I loved this class. I did not have an idea that we could make such a simple microscope and that it would work so well.

Student 2. I didn’t know the microscope history. I was enchanted when I could use the replica made by the teacher. Also, I could see after in the Web search that the replica is much like the original.

Student 3. I never imagined that in my first cell biology class I would be using a replica of the first microscope that is so different from those we normally see. It was a surprise to me to see the simplicity of this device and also Leeuwenhoek’s great creativity in making it. Also, it is interesting to observe the same difficulties that the first microscopists had, such as the problems with the luminosity and obtaining the focus.

Effectively Learning the History of Microscopy

The same posttest was applied to both groups in April 2009 (more than a year after the pretest for the 2008 class; 3 wk after the pretest for the 2009 class). We did not find differences in the provided results between students from the 2008 and 2009 classes.

The activities conducted resulted in effective learning. The students’ capacities to recognize the Leeuwenhoek and Hooke microscopes increased significantly (Table 1). In the pretest, only 19.3% of the students correctly identified the picture of Leeuwenhoek’s microscope; after the educational activities, 90.91% of them were able to do so. These results indicate that the activities did not simply promote short-term learning but in addition were very effective in promoting long-term retention.

Similarly, correct identification of the historical period in which the first microscopists made their contributions had a significant improvement. In the pretest, only 10.2% of the students were able to identify the correct time period, whereas in the posttest 58.33% of students correctly identified this historical period.

The posttest results also indicated that the search for more information about the history of microscopy and early microscopists by using the Internet was effective. Approximately 54% of the students were able to recognize pictures presented in *Micrographia* and associated them with Hooke’s name in multiple-choice questions. This information was not included in the activities; and, in the pretest, the students had a very low percentage of correct answers to the questions about it (Table 1).

The consistency of the posttest answers was confirmed by “triangulation.” The students who correctly answered the questions regarding the historical period during which the microscope was invented and the names of the first microscopists were the same students who stated that they conducted the voluntary search.

CONCLUSIONS

The main conclusions that can be obtained from our work are as follows: 1) the invention of the microscope and the

discovery of the microworld by Hooke and Leeuwenhoek is greatly ignored by secondary students; 2) the role of the invention of the microscope in the history of biology is also disregarded; 3) making observations with a replica of the Leeuwenhoek microscope is a highly motivating didactic activity; 4) the simple activities described here can promote students to learn more about the history of science and may enable students to look at the knowledge with a historical perspective; and 5) these activities are effective in the learning of microscopy history.

Wang and Marsh (2002) pointed out that the history of science is poorly addressed in high school and even at the undergraduate level, and our results agree with this observation. One disturbing aspect of our study is that even students who have selected to study biology had a limited knowledge about one of the unifying principles of biological sciences (cell theory), and they also had only vague ideas about the discoveries that were important for the development of this principle. Considering that in Brazil only ~5% of the students enter university, we can suppose that the familiarity with this fundamental aspect of biological science is almost absent in the entire population.

According to Gooday *et al.* (2008), “there are at least two ways in which science education needs the history of science”: 1) including history of science as part of the science curriculum; and (2) using it strategically to defend the autonomy of the science curriculum from inappropriate extrinsic forces, helping to produce a stronger training for those whose scientific careers will be forged in our schools, colleges, and universities in decades to come. We propose that simple activities, such as those described here, should be incorporated in the high school curriculum as an alternative strategy to increase students’ motivation for learning biology on more solid ground. Furthermore, in addition to being a fun and highly motivating experience, including the history of the early microscopists and details of how their discoveries contributed to the development of cell theory in the regular high school curriculum will probably contribute to increasing the students’ perceptions about the real nature of science.

REFERENCES

- Dass, P. M. (2005). Understanding the nature of scientific enterprise (NOSE) through a discourse with its history: the influence of an undergraduate ‘History of Science’ course. *Int. J. Sci. Math. Educ.* 3, 87–115.
- Duschl, R. (1990). *Restructuring Science Education: The Importance of Theories and Their Development*, New York: Teachers College Press.
- Gooday, G., Lynch, J. M., Wilson, K. G., and Barsky, C. K. (2008). Does science education need the history of science? *Isis* 99, 322–330.
- Kahtan, S., and Greenberg, M. (1992). The little wolves of Leeuwenhoek. *BMJ* 305, 19–26.
- Hsu, L., and Lee, T. (1995). The role and function of the history of science in science teaching. *Sci. Educ. Mon.* 179, 15–26.
- Matthews, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, New York: Routledge.

- Matthews, M. R. (2004). Thomas Kuhn's impact on science education: what lessons can be learned? *Sci. Educ.* *88*, 90–118.
- Mazzarello, P. (1999). A unifying concept: the history of cell theory. *Nat. Cell Biol.* *1*, e13–e15.
- Monk, M., and Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Sci. Educ.* *81*, 405–424.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, Washington, DC: National Academies Press.
- Sundberg, M. D. (2002). Assessing student learning. *Cell Biol. Educ.* *1*, 11–15.
- Wang, H. A., and Marsh, D. D. (2002). Science instruction with a humanistic twist: teachers' perception and practice in using the history of science in their classrooms. *Sci. Educ.* *11*, 169–189.

Supplementary material:

Constructing a “Leeuwenhoek-like” microscope

The microscope described here is made with Plexiglass and is painted with bronze paint to reproduce aspects of Leeuwenhoek’s apparatus.

Materials used:

Two pieces of acrylic glass (Plexiglass), one 3 mm thick (15 x15 cm)
and the other 10 mm thick (3 x 10 cm);

Key chain laser pointer (or a broken CD drive);

Chloroform;

Two screws and nuts ($\approx 3,5\text{mm} \times 7 \text{ cm}$);

Epoxy putty, instant glue or glue gun;

Hacksaw (or thin-tooth circular saw); electric drill;

Sandpaper;

Hypodermic needle;

Wood screw (7 mm);

Bronze paint;

Assembling the microscope:

1) Preparing the pieces:

With a hacksaw or a thin-tooth circular saw, cut the acrylic pieces represented in Figure 1.

The pieces necessary to construct the microscope are the following:

A = one piece; B = one piece; C= two piece; D= two pieces; E= one piece; F= four pieces; G= one piece. After the pieces are cut, they finished with sandpaper.

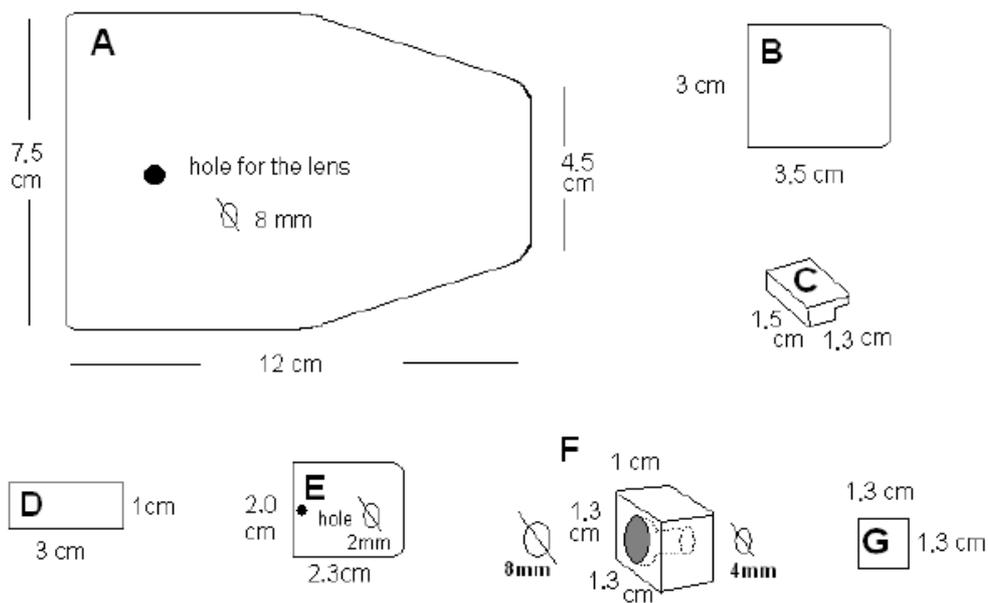


Figure 1. Dimensions of acrylic pieces needed to build the microscope. The pieces A, B, D, E and G are made with 3 mm thick acrylic, and the pieces C and F are made with 10 mm thick acrylic.

2) The first assembly step is the focus system:

- With an electric drill, make a hole 4 mm in diameter in the F pieces. The hole crosses the piece. Using an 8 mm drill bit, enlarge the hole until it occupies almost the middle of the piece. This enlarged portion is made to hold the screw head or the nut.
- Put the screw into the hole of the two F pieces. In one, the screw head is placed in the 8mm hole and in the other, the 8mm hole is positioned to the end of the screw into that is put into the nut (Figure 2A).
- One D piece is glued with chloroform to the F piece that contains the screw head. Take caution not to allow the chloroform to touch the other F piece (with the nut). This piece needs to stay free to move (Figure 2B).
- The other D piece is glued the same way as before (Figure 2C). The F piece with the nut is not fixed.
- The E piece is positioned with the 2 mm hole over the F piece with the screw head. The E piece is glued with chloroform to the F piece that contains the nut (Figure 2D).
- With epoxy putty, fix the nut in the F piece, taking care not to allow the resin

to contact the screw. After the epoxy polymerizes, the E piece will move forward or backward when the screw is moved to the right or left. This part will be the microscope focus system.

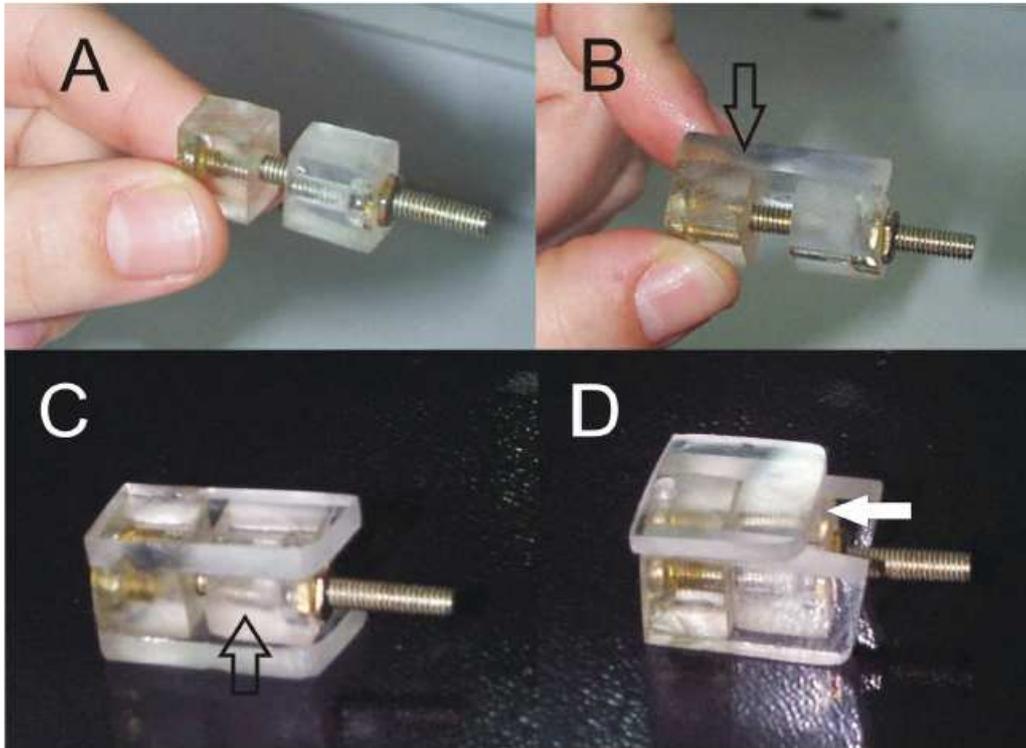


Figure 2. Assembly of the focus system. See text for details.

In B, the arrow shows the parts that have been glued; in C, the arrow shows the part that isn't glued (moves freely); in D, the arrow shows the part that is glued (pieces D and E).

3) Assembling the "control stage" system:

- Glue with chloroform one F piece to the rounded margin of the B piece, taking care that the 4mm hole is kept out. After this step, put the screw into the hole of the F piece (Figure 3A), and glue the G piece in the F surface that has the screw head. Now the screw can rotate, but it doesn't leave the system.
- Put the pieces that are together from the previous step on top of the A piece. Put the other F piece in the small edge of the A piece. Pass the screw through this F piece and glue it with chloroform. With epoxy putty, fix the nut in this F piece (fixed in the A piece border), taking care not to allow the resin to contact the screw.

- Observe in Figure 1 that the C pieces have a groove. It corresponds to the space in which the C pieces overlap the B piece (Figure 3C, Arrow). The C pieces are glued only in the A piece in both sides of the B piece, but not glued in this one. Now, when the screw is turned, the B piece moves up and down.

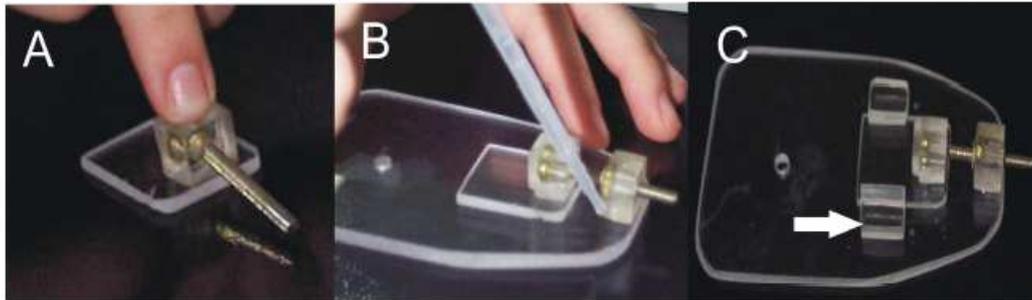


Figure 3. Assembly of the control stage system (see text for details).
The arrow in the C figure shows the C piece that is glued only to the A piece.

4) *Joining the focus and “control stage” systems:*

- Look in the focus system for the F piece that contains the screw head. Glue this face of the F piece to the B piece of the “control stage”. Take care to maintain the 2 mm hole of the E piece in line with the lens hole in the A piece. (Figure 4A).
- Using epoxy putty, fix the plastic part of a hypodermic needle (remove the metallic needle), over the 2 mm hole in the E piece. This part of the hypodermic needle will be used to support the samples that will be visualized in the microscope (sample holder).
- To finish the structure of the microscope, make knobs with which to focus and to position screws with epoxy putty (arrows in Figure 4 B).
- Paint the microscope with bronze paint to give the apparatus a resemblance to the Leeuwenhoek microscope.

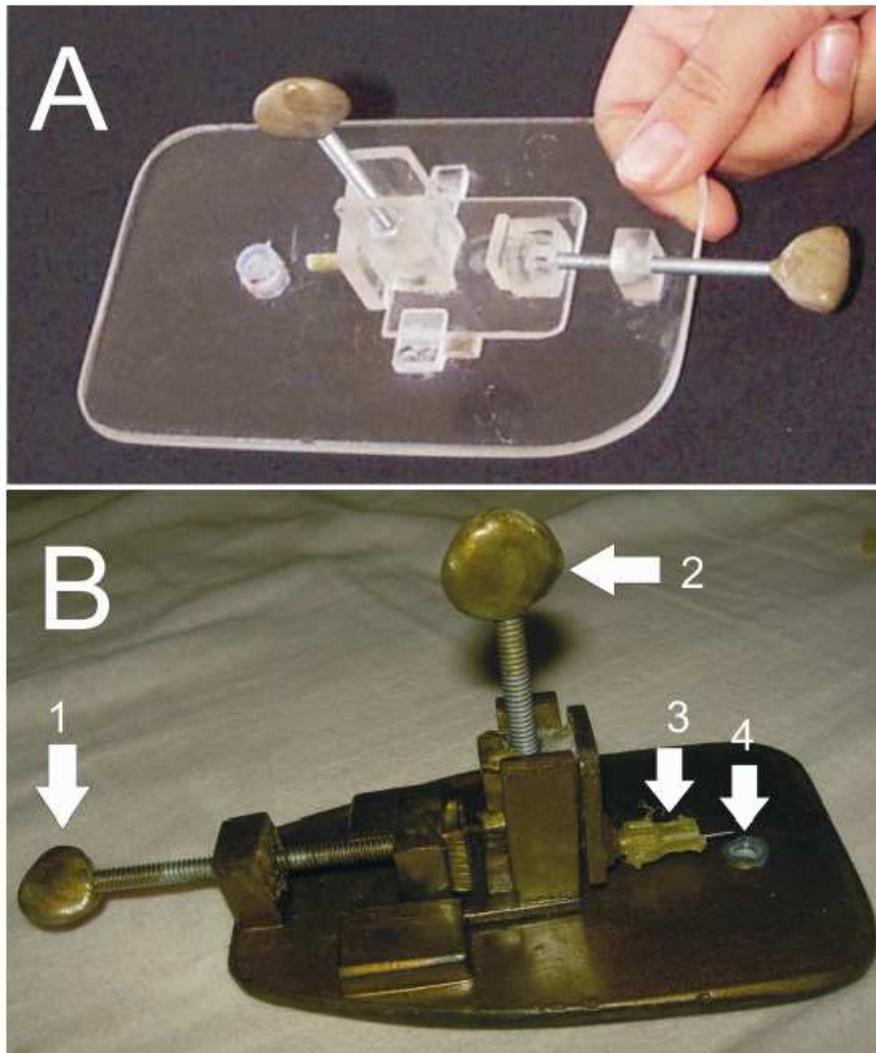


Figure 4. General view of the microscope before (A) and after painting (B). The arrow 1 point to the control stage knob made using epoxy putty; 2- focus system knob; 3- support the samples, in this case a syringe needle to fix insects and other material, 4- lens.

5) Adding the lens:

-The lens is obtained from a key chain laser pointer and can be found in the top of the key chain. Using a knife, break the plastic part of the key chain and remove the lens (Figure 5). Another possible source for the lens is a broken CD driver, from a computer or CD player. This lens shows a bigger amplification power than the one obtained from key chain laser.

- The lens should not be glued because it can be damaged by the glue chemistry. We normally fix the lens into a 1 ml micropipette TIP. The TIP is conical, and the lens is fixed only by pressure. The TIP is cut 1 cm around the

lens and is fixed into the hole in the A piece.

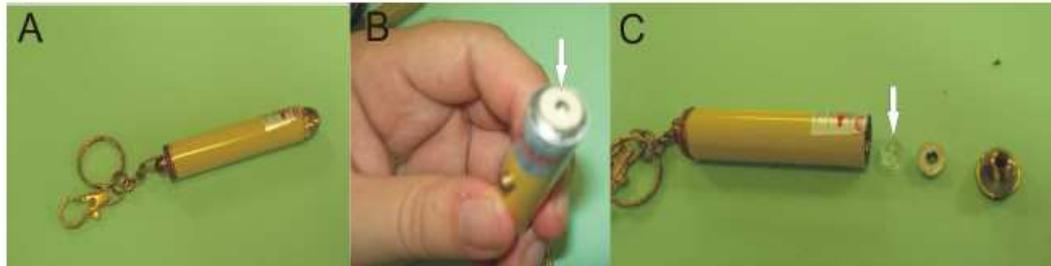


Figure 5. A) key chain laser pointer; B) The plastic piece that needs to be broken to get the lens; C) The lens is shown by the arrow.

6) *Using the microscope (preparing the samples):*

Three different supports are used to hold the samples.

A) Small animals and part of plants:

Materials that are normally observed in a stereomicroscope are small insects or parts of animals or plants that can be fixed in the top of a hypodermic needle and placed in the focus system. In order to visualize the sample, it is important that the light source reflects in the sample.

Put the sample in front of the lens, turning the control stage knob and focus by turning the focus knob.

B) Thin material such as plants tissues:

Thin materials that can normally be seen in temporary preparation, like the cells of onion skin and other vegetable tissues, can be put between two glass coverslips and attached to the plastic protection that covers the hypodermic needle. To fix the coverslips in the plastic protection, make a little slit in the top of the plastic protection and glue it with instant glue (or a glue gun). Standard staining procedures can be used for these preparations, such as methylene blue and eosin.

The light in this case needs to pass through the preparation. We can, for example, look directly at a fluorescent light.

C) Water microorganisms:

To observe water microorganisms such as rotifers, *Paramecium* and others, it is necessary to build a micro-aquarium. For that, we used a hot glue gun and two coverslip pieces. We glue in a “V” shape on one coverslip and pressed another coverslip over the glue, leaving a space between the two coverslips (about 0.5 mm). Alternatively, a thin plastic card can be cut into a “V” shape and glued onto the two coverslips. Next, these coverslips are glued onto the plastic protection of a hypodermic needle. A little slit is made on the top of the plastic protection, and the coverslips are put onto this slit and glued with instant glue or a glue gun (Figure 6).

Using a pipette, water with microorganisms is put into the space between the coverslips and is observed with the microscope.

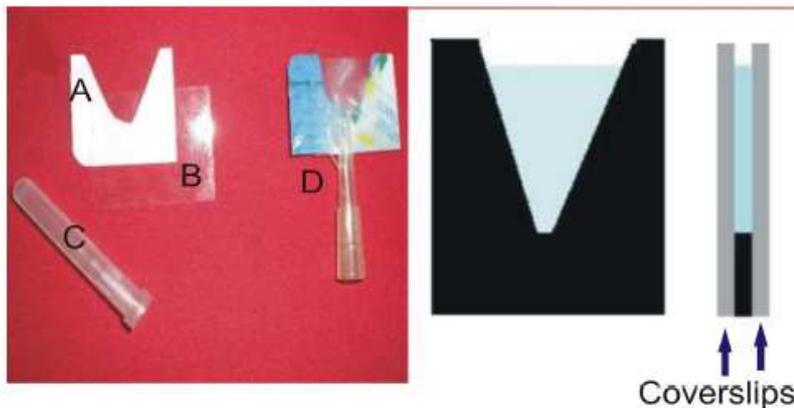


Figure 6. Construction of the micro-aquarium. A) a plastic card with a V cut; B) coverslip; C) Hypodermic needle plastic protection; D) assembled micro-aquarium. From the side, a schematic view of the micro-aquarium with the position of coverslips and the space for water (samples).

Making a microscope with a laser pointer, PET bottle and other recyclable materials

This microscope version is easier to construct than the “Leeuwenhoek-like” microscope described previously, but it works as well as that one. However, in using this “simpler version”, the impact that the student experiences when he manipulates a microscope that looks like Leeuwenhoek’s is missing,

and the “historical interest” may also be diminished. The instructions for constructing this microscope have been previously published, and it was shown that this simple apparatus can motivate children to discover the “microscopic world” (Wallau et al., 2008).

Materials used:

Key chain laser pointer

PET bottle

Cork (from wine bottle)

Piece of hard plastic (This plastic can be obtained from a freezing box, for example).

One iron nail and one screw (≈ 2 cm)

Epoxy putty and instant glue

Rubber bands

A hypodermic needle.

Assembling the microscope:

1 - With a saw, a knife or a knife heated in fire, cut the PET bottleneck just below the screw in the top of the bottle (Figure 7A).

2 - In the screw region, make a transversal cut in the top of bottle until almost the edge of the thread. This cut should be roughly 3 mm wide (Figure 7B).

3 - Cut a cork so that it is 1.3 cm in length. The cork diameter should be slightly smaller than the internal bottleneck diameter because the cork requires easy movement inside the PET bottleneck.

4 - Using a knife or a hot nail, make a hole of roughly 2 mm in the center of the CAP. Put the cork inside of the bottleneck, and fix the cork in the bottle CAP with a wood screw (the screw passes by the hole in the CAP) (Figure 7C).

5 - In the transverse cut in the bottleneck, fix a nail in the cork, leaving 2 cm of the nail sticking out of the cork, passing by the cut. Now, you can see that when the bottle CAP is moved to the right or left, the nail moves forward or backward. It will be the microscope focus system, and it will later be attached to the body of the microscope (Figure 7D).

7 - Using a piece of plastic that is roughly 2 mm thick, cut one 12 cm x 10 cm rectangle and another that is 10 cm x 7 cm. This plastic can be obtained from a freezing box, for example. These pieces will constitute the body of the

microscope. In the bigger plastic part, the lens will be fixed the lens, and in the smaller plastic part, the focus system will be fixed.

8 - In the center of smaller plastic part, fix the focus system (the bottleneck, cork and CAP) constructed in steps 1 to 6 (Figure 7E) using the epoxy putty.

9 - With epoxy putty, fix the plastic part of a hypodermic needle (remove the metallic needle) to the nail that was fixed to the cork of the focus system. This part will be used to support the samples that will be visualized in the microscope. Once the epoxy putty has completely polymerized, this microscope part is finished.

10 - It is now time to add the lens to the microscope. The lens is obtained from a key chain (see details in the description of the Leeuwenhoek microscope).

11- In the bigger plastic part, it is necessary to make a hole with a diameter of about 0.8 mm to fix the lens. This hole is placed with one border of 10 cm in size, more or less at 1 cm from the edge. The lens should not be fixed with glue, because the lens can be damaged by the glue. We normally fix the lens into a 1 ml micropipette TIP. The TIP is conical, and the lens is fixed only by pressure. The TIP is cut to fit 1 cm around the lens and is fixed into the hole in the bigger plastic part.

12 - Assemble the two parts together by fixing both with a rubber band. The microscope is finished, and now we need to prepare the samples.

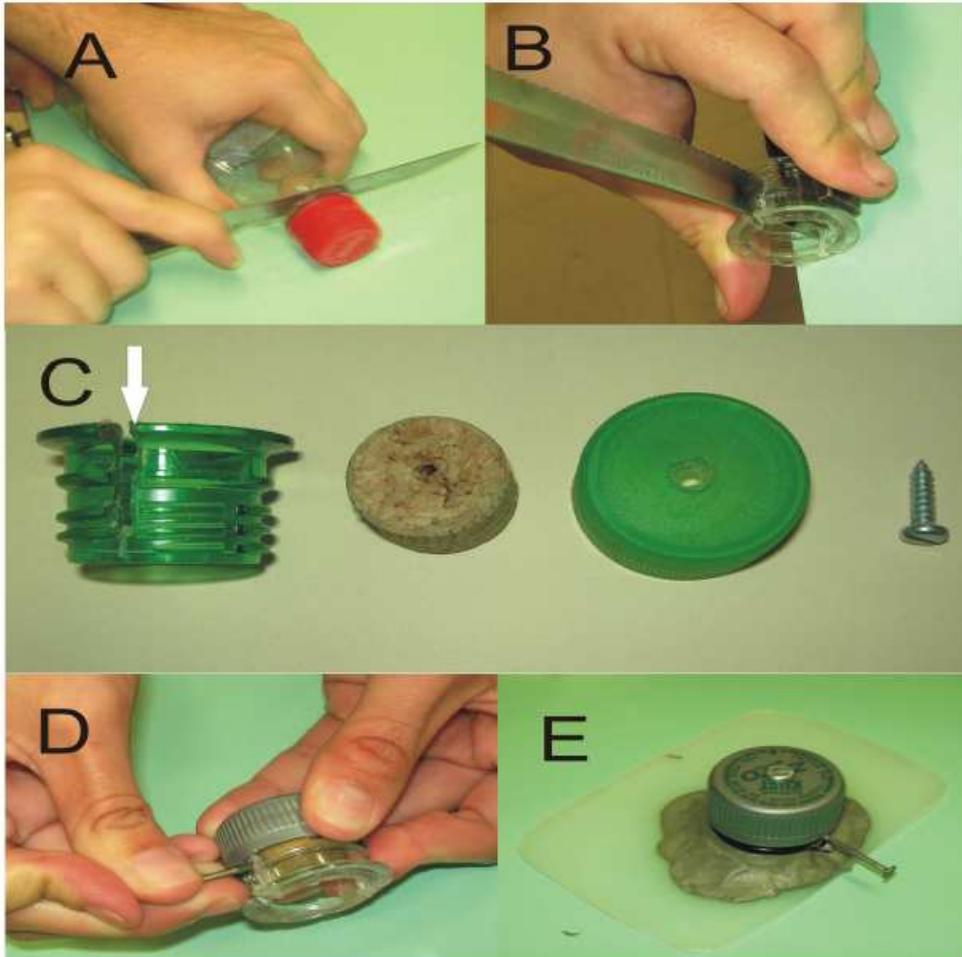


Figure 7. A) Cutting a PET bottleneck; B) transversal cut in the top of the bottle; C) details of the transversal cut, the cork, the CAP with the hole and the screw; D) nail which has been fixed in the cork (make sure that the nail has a slight angle forward in the cut region of the PET bottleneck; E) the focus system fixed with epoxy putty to the smaller plastic piece.

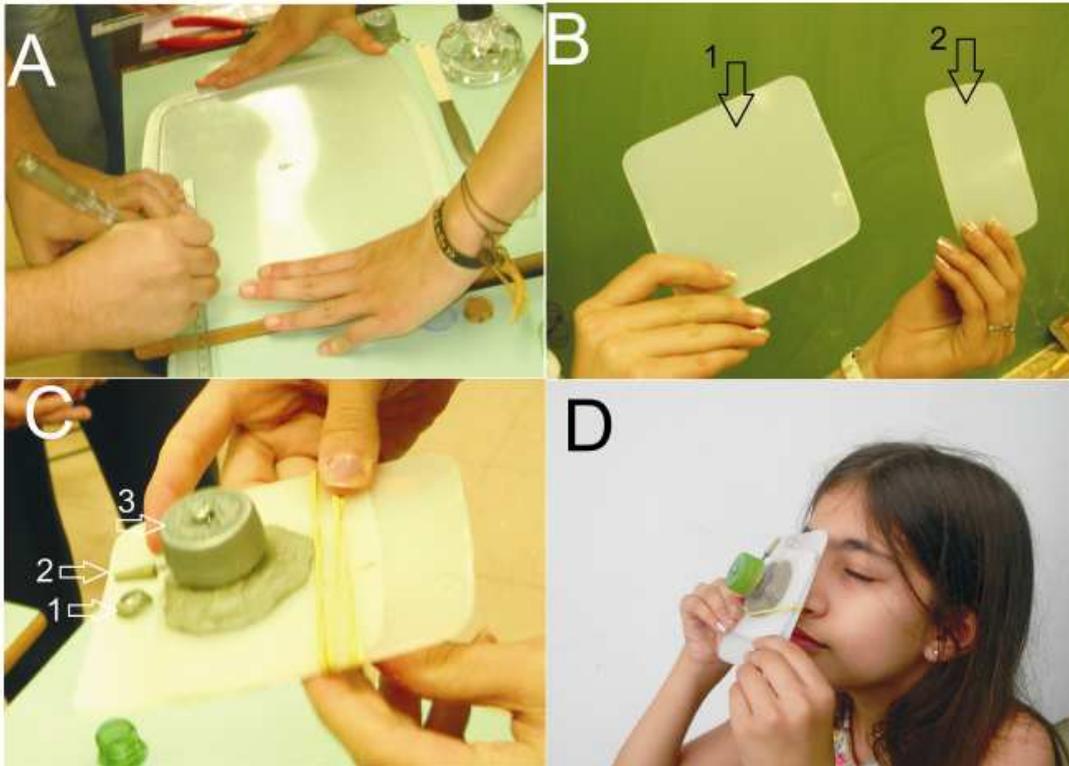


Figure 8. A) A freezing box cap is used to cut the plastic body parts of this microscope; B) 1- the large and 2 -small plastic parts; C) the complete microscope is shown with the rubber bands that hold together the large and small parts of microscope; 1- lens, 2- support the samples that will be visualized, 3- focus system; D) one observing with the microscope.

Using the microscope:

For details about sample preparations and instructions for which sample holders to use in the microscope, see the previous description in the Leeuwenhoek's microscope section.

For visualization with this microscope, put the sample in front of the lens, and move the small plastic part. Using the focus system, turn the CAP for right or left movement and look close to the lens to find the focus.

Wallau GL, Ortiz MF, Rubin PM, Loreto ELS, Sepel LMN. Construindo um microscópio, de baixo custo, que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas. *Genética na Escola*,3(2):8-12. 2008.

<http://www.sbg.org.br/GeneticaEscola2/web/Vol3Num2.htm>

2 A CONSTRUÇÃO DE MICROSCÓPIOS

A pesquisa de materiais e o desenvolvimento de novas aplicações para elementos do cotidiano são fatores que podem ser usados a serviço da motivação para o estudo e a compreensão de conceitos básicos em Ciência.

A construção de microscópios com lentes provenientes de leitores de CD, descrita a seguir, é uma proposta que colabora tanto na superação de algumas dificuldades para a realização de aulas práticas quanto na compreensão de princípios básicos de Biologia Celular.



CONSTRUINDO UM MICROSCÓPIO II. BEM SIMPLES E MAIS BARATO.

Lenira M. N. Sepel¹, João B. T. da Rocha² e Élçion L. S. Loreto³.

3-PPG em Educação em Ciências (UFRGS; UFSM; FURG); Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105 900, Santa Maria, RS. elçion.loreto@pq.cnpq.br

Resumo:

Em um volume anterior da RGE apresentamos a proposta de um microscópio de fácil construção para finalidades didáticas (Wallau et al 2008). Neste trabalho propomos uma versão ainda mais simples que usa apenas garrafa PET, fita adesiva e uma lente. Indicamos, também, várias possíveis fontes de lentes que podem ser utilizadas para construção de microscópios. Algumas atividades didáticas empregando este “equipamento” são sugeridas.

Introdução

A descoberta do mundo microscópico possibilitou a elaboração de teorias que são hoje fundamentais à Biologia, como a teoria celular e a teoria cromossômica da herança. Além disso, a experiência estética proporcionada pela observação de estruturas microscópicas através de lentes é maravilhosa e significativa para a maioria das pessoas. Esse contato com o “mundo das coisas pequenas”, mesmo que seja breve e pouco técnico, pode ser uma excelente maneira de atrair a curiosidade de alunos para questões científicas.

Defendemos que todos, enquanto alunos no ensino fundamental, deveriam ter a oportunidade de observar o mundo microscópico em um equipamento comercial de boa qualidade. Entretanto, sabemos que tal situação nem sempre ocorre e, na maioria das vezes, por falta de microscópios nas escolas (Wallau et al 2008). A construção de microscópios simples, com materiais de fácil obtenção, permite superar este problema (Figura 1). Além disso, devido ao baixo custo e por serem resistentes, esses “equipamentos” permitem que os alunos manipulem e explorem mais livremente o que há no mundo ao seu redor. A possibilidade de exploração, nem sempre é possível com microscópios comerciais, muitas vezes limitados a um único aparelho por turma e/ou cercados

de restrições em relação ao uso. Ter pequeno número de equipamentos disponíveis para uma turma com muitos alunos e garantir que a manipulação seja feita sem prejuízos são restrições que podem ser superadas com os equipamentos simplificados. A dificuldade de treinar indivíduos para o uso, armazenamento e conservação de um equipamento que ainda é considerado “caro” para aquisição por parte da maioria das escolas também fica eliminada. A versão da construção de microscópios aqui descrita é ainda mais simples, barata e resistente que a anterior.

Chamamos microscópio simples os que usam uma única lente. Diferem dos microscópios compostos que têm lentes oculares e objetivas. O uso de microscópio simples permite tratar temas como a história da Ciência e a importância dos primeiros microscopistas como Leeuwenhoek e Hooke (Sepel et al 2009). Mas, também muito importante, é a oportunidade do professor e/ou estudante construir o próprio aparelho. A construção de um microscópio e outros instrumentos que podem ser usados para estudar de modo direto e concreto o ambiente em que vivemos, pode despertar a curiosidade para observar de modo mais atento o que nos cerca. Pode também, tornar-se uma situação de ampliação de capacidades e de vocações, levando alguns a interessar-se de modo mais profundo pelas questões associadas ao funcionamento de células e organismos e pela possibilidade de construir instrumentos, adaptar e implementar novidades.

Queremos que a escola seja um espaço que também desenvolva a criatividade. Apresentamos aqui uma “receita” de como fazer um microscópio que possibilita o exercício da criatividade pois, ao executar esta “receita”, o aluno estará refletindo sobre lentes, ajuste de foco, preparação de materiais, atenção a detalhes, vivenciar invenções.

Esta atividade pode ser um ponto de partida para a compreensão de como funciona este microscópio e venha a pensar em modificações e inovações de construção e uso. Pensamos que atividades didáticas de construção, a partir de materiais de fácil obtenção, como a proposta, não deva ter como principal objetivo sobrepassar a ausência de equipamentos comerciais. O principal objetivo é permitir ao aluno uma iniciação ao “posso fazer” e, a partir disso, possibilitar o desenvolvimento da criatividade e inovadorismo.

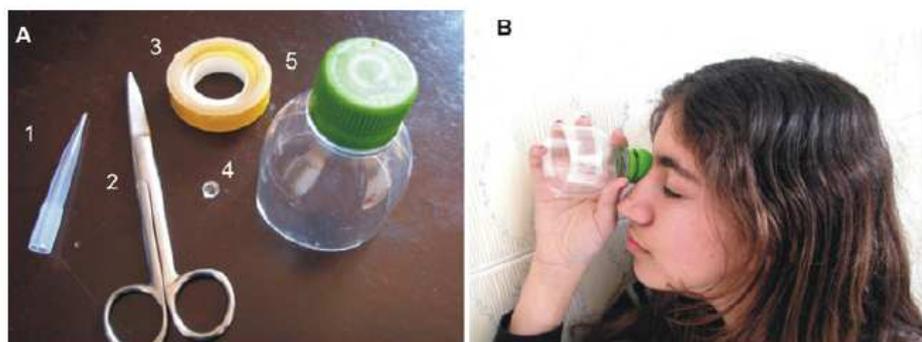


Figura 1 - Construindo um microscópio de garrafa PET. A- Material necessário para construção: 1- tubo plástico cônico, 2- tesoura, 3- fita adesiva, 4- lente, 5- garrafa PET; B- Observando ao microscópio de PET.

Material necessário

1. Parte superior de uma garrafa PET – Figura 1;
2. Uma lente que pode ser retirada de um “*pointer laser*”, de um leitor de CD ou DVD, de uma *webcam* ou outras fontes – ver abaixo;
3. Uma tampa de caneta ou outro tubo plástico cônico;
4. Fita adesiva transparente;
5. Massa epóxi (durepox);
6. Tesoura, chave de fenda, chave Philips, alicate;
7. Hastes flexíveis (cotonetes).

Modo de fazer

1) Obtendo lentes

O microscópio descrito é uma modificação do apresentado em http://www.youtube.com/watch?v=UTADdH3Q_sQ&feature=related. Naquele vídeo, a lente usada é uma pérola de vidro utilizada em protocolos de biologia molecular. Tal lente, por ser completamente esférica e pequena, produz uma imagem com aberrações e um campo de observação muito limitado.

Sugerimos o emprego de outras lentes, encontradas em equipamentos comuns que utilizam *laser* e que tenham boa capacidade de aumento, condição essencial para a construção de um microscópio simples. Podemos encontrar lente desse tipo em vários objetos, por

exemplo, em canetas com *laser* (laser pointer usado para apresentações, Figura 1- A). Outras fontes de lentes com capacidade de aumento igual ou superior são encontradas em equipamentos menos óbvios: as leitoras de CD e DVD de computadores (“*drivers*”), *webcams*, câmeras digitais e em mouse óptico de computadores. Estes componentes podem ser facilmente obtidos em oficinas de computadores, pois continuamente são substituídos nos computadores e notebooks.

Em geral, as leitoras de CD mais antigas possuem uma única lente; as mais novas podem ter duas ou três lentes e a lente menor tem uma grande curvatura e, portanto, uma grande capacidade de aumento. Com essas lentes menores, é possível visualizar células em detalhes, observando-se inclusive os núcleos. Já as lentes maiores têm uma capacidade de aumento menor, permitem, entretanto, ver detalhes de insetos e plantas. Funcionam mais como uma boa lupa. Na Figura 1-B temos as indicações de onde estão a(s) lente(s) em um *driver* de computador.

Outra fonte possível de boas lentes são as *webcam* (Figura 1-D). Essas lentes são muito fáceis de achar, pois estão na abertura da câmera. Para a maioria dos equipamentos, bastará desrosquear a parte anterior da mesma para retirar a lente. Em geral, essas lentes permitem pequeno aumento e são semelhantes às encontradas em câmeras digitais, celulares e “*mouse ópticos*” de computadores (localizadas na abertura inferior do *mouse*- Figura 1-E).

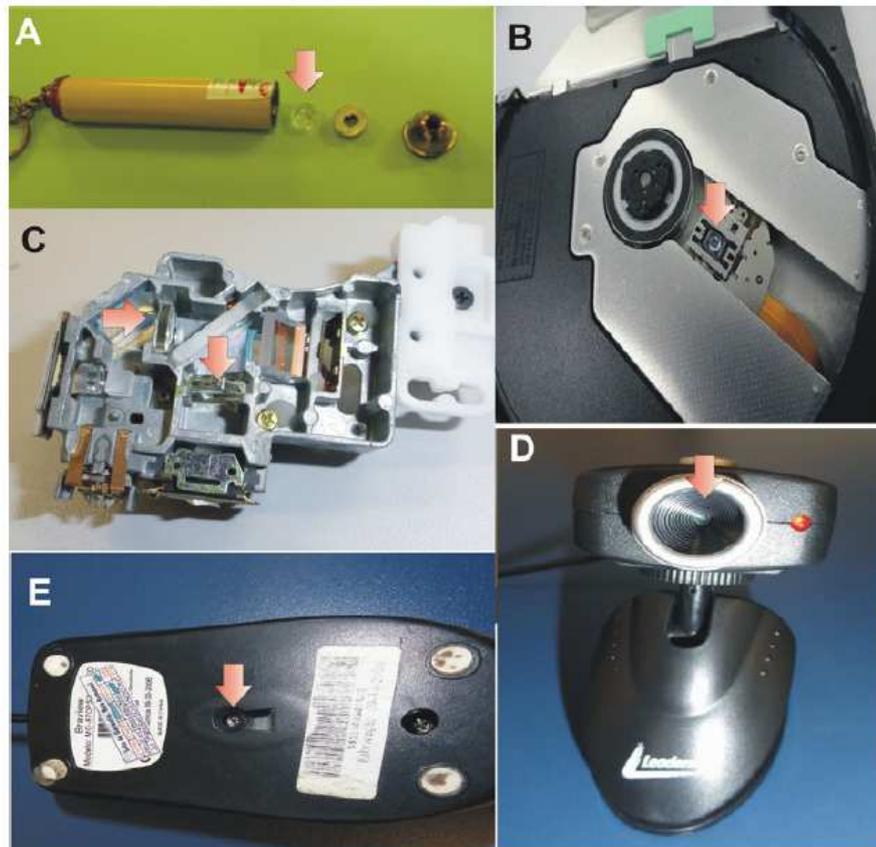


Figura 2- Possíveis fontes de obtenção de lentes. As setas apontam onde estão as lentes em: A- Caneta laser; D- driver de CD. Ao se desmontar esta parte do driver (seta) podemos ver no detalhe (C) que há outras duas lentes na peça que faz a leitura do CD. Todas estas lentes são úteis. Em D, temos uma webcam, onde é apontada a lente. Em E, temos a visão da parte inferior de um mouse óptico em que mostramos onde se encontra a lente.

2) Montando a lente na tampa de uma garrafa PET

A forma de fixar a lente na tampa dependerá do tipo de lente (Figura 3-A).

- a) Lentes de grande curvatura, como as retiradas de leitoras de CD, têm uma pequena distância focal. Por isso, são fixadas com massa epóxi na altura da superfície da tampa. Neste caso não retiramos a caixinha suporte em que a lente está fixada na leitora de CD. Faz-se um corte quadrado na tampa da garrafa e fixa-se todo o suporte contendo a lente.
- b) Lentes com maior distância focal são fixadas em tubos cônicos (como a tampa de uma caneta esferográfica ou ponteiros de micropipeta- "TIPS"). Atenção: As lentes não devem ser fixadas com cola instantânea (*bonder*), pois o acrílico da lente reagirá com a cola tornando a superfície da lente opaca.

- c) As lentes de menor aumento, como as retiradas de canetas laser ou as lentes maiores de leitoras de CD-DVD (Figura 2-C) precisam ficar a uma distância de 0,5 a 1 cm da superfície da tampa PET. Esta distância precisa ser acertada empiricamente, pois depende de cada lente. A instalação da lente dentro do tubo cônico será por pressão; ela é colocada na abertura maior e pressionada para dentro do tubo com auxílio de um bastão com extremidade plana revestido de algodão ("cotonetes" cumprem muito bem essa função). Deste modo, é encaixada de modo firme no tubo e pode ter sua posição ajustada para que não fique inclinada. Lentes que estejam inclinadas não permitirão boas observações.

É importante verificar, ao final da montagem, se a lente está bem colocada (sem inclinação dentro do tubo) e só depois cortar as extremidades do tubo para ajustá-

-lo na tampa. Na parte interna da tampa, o tubo cônico não poderá sobressair mais do que um milímetro (Figura 3-B) isto porque a amostra será colocada em uma fita adesiva colada na extremidade da garrafa e, se o tubo sobressair na parte interna da tampa, “cortará” a fita adesiva.

3) Olhando ao microscópio

As amostras que queremos observar ao microscópio são fixadas em uma fita adesiva transparente na boca da garrafa (Figura 3-C). Depois, coloca-se a tampa com a lente e olha-se através dela para uma fonte de iluminação, como uma lâmpada fluorescente ou mesmo para a luminosidade proporcionada através de uma janela. Gira-se a tampa da garrafa PET até encontrar o foco (Figura 3-D).

O objeto a ser observado dependerá da curiosidade de cada um. As possibilidades de exploração livre do material são variadas e permitem que se discuta com os alunos os limites de visualização das amostras. Assim, será possível questionar por que um fragmento de folha não resulta em boas observações e uma amostra de epitélio de escamas de cebola permite a observação das células? Por que se pode observar maior ou menor número de detalhes se a luz incide por trás da amostra ou sobre ela?

Para a observação de células, com possibilidade de observação de núcleos, sugerimos a prática tradicional de remoção da película externa da cebola. Esse epitélio, que é facilmente destacável, pode ser colado diretamente sobre a fita adesiva. Mas se for transferido para uma solução corante (ex.: azul de metileno) por alguns minutos antes de ser transferido para a fita adesiva, será possível observar núcleos. Sugere-se que o material seja colocado sobre a fita com auxílio de pinças de pontas finas ou agulhas para que não fiquem marcas de manipulação sobre a cola da fita. Considerando que as observações serão feitas principalmente por “iniciantes”, o relevo da cola na fita adesiva pode ser tão ou mais chamativo que a amostra em observação.

Para as lentes com aumento menor, pequenos insetos e partes de planta são bons materiais a serem utilizados. Amostras de água contendo micro-organismos podem ser observados colando na fita adesiva um “mini-aquário” como o descrito em Wallau et al 2008. Outros materiais interessantes para observação são: penas de aves, escamas de peixe, grãos de areia e cristais de sais.

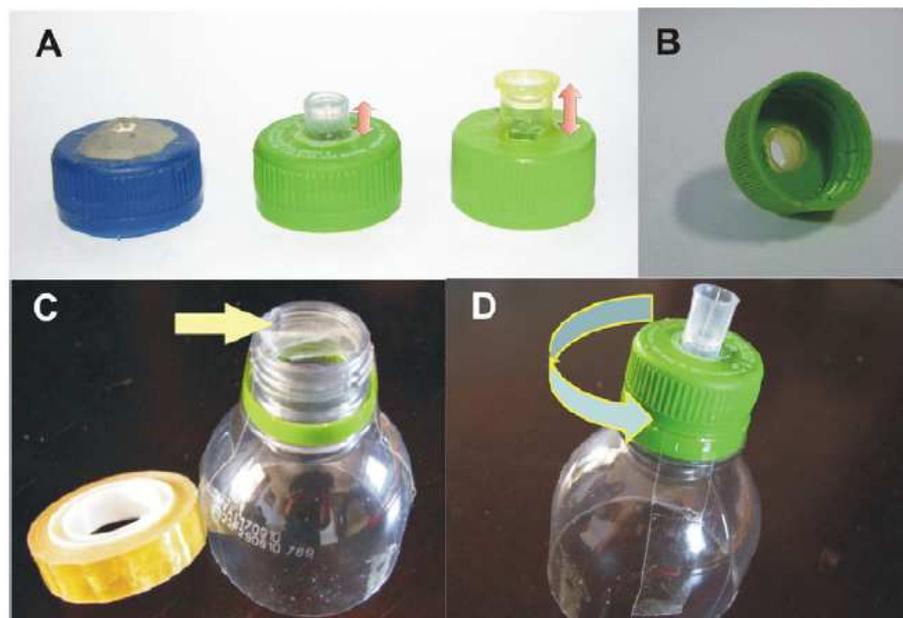


Figura 3 – Montagem do microscópio. A- Fixação da lente na tampa da garrafa PET. A posição da lente dependerá da distância focal da lente (setas). B- as lentes ou os tubos cônicos não deverão sobrepassar a parte interna da garrafa PET. Em C, a seta indica que as amostras que se quer observar ao microscópio são fixadas em uma fita adesiva na boca da garrafa PET; D- a tampa com a lente é colocada na garrafa e olha-se através da lente para uma fonte de luz, girando a tampa até achar o foco.

Referências Bibliográficas

- SEPEL, L.M.N.; LORETO, E.L.S.; ROCHA, J.B.T.; Using a replica of Leeuwenhoek microscope to teach the history of Science and to motivate students to discover the vision and contributions of the first microscopists. *Cell Biology Education*, 8:338-343, 2009.
- WALLAU, G. L. ; ORTIZ, M. de F. ; RUBIN, P. M. ; LORETO, E. L. S. ; SEPEL, L. M. N. . Construindo um microscópio, de baixo custo, que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas. *Revista Genética na Escola*. 03: 1-3, 2008.

3 SUGESTÕES DE AULAS PRÁTICAS DE BIOLOGIA NO PORTAL DO PROFESSOR (MEC/ BRASIL)

Os maiores acervos virtuais de aulas, em língua portuguesa e sem fins lucrativos, são o Portal do Professor (Brasil) e EDUCARE (Portugal). O objetivo dessa investigação é analisar qual a contribuição do Portal do Professor para o incentivo de aulas práticas, através de sugestões de planejamentos e recursos, que fazem parte do acervo eletrônico.

O Portal do Professor (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br>), criado e mantido pelos Ministérios da Educação e da Ciência e Tecnologia, serve de apoio para formação docente, sendo tanto um repositório de materiais didáticos - fornecendo vários recursos (compartilhamento de aulas, vídeos, textos)- quanto um canal para trocas de experiências.

Na estrutura do Portal do professor, a área denominada Espaço da Aula

“constitui uma comunidade de aprendizagem onde os professores de todo o País podem compartilhar suas ideias, propostas, sugestões metodológicas para o desenvolvimento dos temas curriculares e para o uso dos recursos multimídia e das ferramentas digitais. Espera-se com este espaço criar um intercâmbio de experiências para o desenvolvimento criativo de novas estratégias de ensino e aprendizagem.”

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/espacoDaAula.html>

Em janeiro de 2012, o Portal do Professor armazenava um total de 12.245 sugestões de aula no Espaço da Aula. O destaque nos planejamentos das aulas é para o uso de recursos multimídia (vídeos, animações e áudios), pois um dos objetivos do Portal do Professor é o desenvolvimento e a aplicação de metodologias inovadoras, baseadas em Tecnologias de Informação e Comunicação.

Utilizando o sistema de busca avançada, que o Portal do Professor disponibiliza, investigamos quantas aulas práticas de Biologia estão disponíveis nesse acervo, na área “Sugestão de Aula”. A busca para conteúdo geral - sem especificar palavras-chave e limitada ao componente curricular Biologia no Ensino Médio - resultou em 504 sugestões de aulas. Esse conjunto de sugestões de planejamento foi considerado como o acervo total de aulas de Biologia, disponíveis no Portal do Professor em janeiro de 2012.

Quantas sugestões de aulas com atividades práticas incluídas nos planejamentos estão disponíveis no Portal do Professor? Para responder a essa questão, três palavras-chave foram utilizadas: práticas, experimentos e laboratório. Esses termos e suas variações foram combinados com outros dois: aula e atividades, dando origem a 9 expressões de busca. Os resultados dessas buscas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da busca de sugestões de aulas com atividades práticas no Portal do Professor. Acesso em 12 de janeiro de 2012, Espaço Aula, em “Sugestão de Aula”, usando como parâmetros para pesquisa o nível de ensino (Ensino Médio) e 0 componente curricular (Biologia).

Palavras de busca	Número de Sugestões de aulas
Experimentos	01
Experiências	01
Práticas	21
Atividades práticas	53 aulas
Aulas com experimentos Aulas experimentais Aulas de laboratório	123
Aulas práticas	136
Aulas no laboratório	206

Nota-se nesses resultados iniciais o fato dos termos, embora muito semelhantes, originarem resultados numéricos bem diferentes. A pesquisa com a expressão ‘*aula de laboratório*’ resultou em 123 sugestões de aula e a expressão ‘*aula no laboratório*’ deu origem uma listagem com 206 planejamentos.

Em relação aos termos utilizados para a busca, os mais amplos não corresponderam à expectativa de que os termos ‘*práticas*’, ‘*atividades práticas*’ e ‘*aulas práticas*’ incluíssem o maior número de sugestões. Para as duas primeiras expressões foram obtidas apenas 21 e 53 aulas, respectivamente, e 136 resultados para ‘*aulas práticas*’.

As análises, em relação aos resultados numéricos, não permitem estabelecer qual a lógica dos agrupamentos obtidos. No sistema de busca de ‘Sugestões de Aulas’, não fica claro qual a origem dos indexadores que são usados, mas independente de quais

sejam, o sistema apresenta problemas na classificação. As diferenças de resultados entre ‘aulas **de** laboratório’ e ‘aulas **no** laboratório’ são exemplo desse tipo de situação. Os resultados, numericamente muito diversos para termos semelhantes, podem ser preferências dos proponentes das aulas no momento de informar palavras-chave, associada a um grande valor dado a termos sem significados específicos como “**em**”, “**de**” e “**no**”.

Os conjuntos de aulas obtidos em cada pesquisa foram comparados para detectar quais as similaridades. As comparações, através de títulos e datas de inclusão no Portal do Professor, facilmente indicam que, quando os resultados numéricos das pesquisas são iguais, os conjuntos de sugestões também são idênticos. As comparações das listas obtidas com as diferentes expressões de busca revelam, também, que todas as sugestões de aula presentes nas listas menores estão dentre as 206 aulas resultantes da pesquisa com a expressão ‘aulas no laboratório’.

O resultado das buscas é, aparentemente, promissor, pois indica que no mínimo 40 % das sugestões de aula para Biologia incluem atividades práticas. Esse valor poderia ainda ser um pouco mais alto, considerando-se os problemas já detectados em relação ao uso de termos de busca.

Os planejamentos das 206 aulas, listadas na busca por ‘aulas no laboratório’, foram, então, analisadas com o objetivo de caracterizar esse conjunto em relação ao tema, aos recursos empregados e ao tipo de atividade prática, considerando-se a classificação apresentada inicialmente.

3.1 Análise das Sugestões de Aula obtidas no Portal do Professor através da busca ‘aulas no laboratório’.

Os resultados da análise de planejamentos das ‘aulas no laboratório’ não são os esperados. Em relação à diversidade de temas, pode-se considerar que há uma distribuição bem ampla, mas quando as propostas são analisadas, etapa por etapa, o que se identifica como ‘laboratório’ é, no máximo, uso da internet no laboratório de informática da escola. Apenas 18 (8,7%) das 206 aulas envolvem outras metodologias que não incluem pesquisa e leitura de textos na rede ou utilização de vídeos.

A primeira análise desses planejamentos, selecionados pelo sistema de busca como ‘aulas no laboratório’, indicou a necessidade de estabelecer com mais clareza qual o termo a ser adotado e quais suas delimitações, visando à classificação dos resultados obtidos.

O termo empregado, doravante, será *Atividades Práticas* por considerá-lo mais amplo, pois, além de aulas/planejamentos, totalmente dedicados a práticas, abrange, também segmentos ou momentos de planejamento de ensino, que contenham outros tipos de atividades.

As Atividades Práticas, nessa análise, não incluem: construção de modelos tridimensionais; uso de modelos ou simulações em computador; jogos, dramatizações ou simulações em sala de aula; seminários ou apresentações orais; produção de vídeos ou imagens; entrevistas; produção de cartazes, infográficos ou mapas conceituais; projetos e qualquer outro tipo de produção textual. O conceito aplicado para Atividade Prática não equivale ao de “*hands-on*” (HAURY & RILLERO, 1994), em que é condição suficiente que os alunos estejam ‘manualmente’ envolvidos em alguma produção ou execução de tarefas para que esta seja considerada uma ‘prática’ de Biologia.

Para que as propostas contidas no planejamento da aula sejam consideradas como Atividade Prática deverá ficar explícito que, em algum momento, a atividade envolverá uso de materiais, equipamentos ou métodos que sejam típicos da área biológica.

Apenas 18 (8,7%) dos planejamentos incluíram o uso de outros recursos didáticos que não fossem pesquisa na Internet, visita a *sites* ou apresentação de vídeos. Entende-se o esforço que deve ser feito para a inclusão digital e que o uso da internet é importante e, sob vários aspectos, ‘libertador’. Aprender a obter informações na rede tem grande valor. Não se questiona, também, a importância dos documentários, reportagens e outros tipos de vídeos para ampliar a realidade do aluno e fomentar reflexões. Não se trata de diminuir o impacto desses recursos para o ensino, mas é inevitável pensar que, talvez, a apresentação de vídeos se torne o novo quadro de giz.

Quando os 18 planejamentos de aulas com recursos mais diversificados são analisados, apenas seis possuem propostas que se enquadram na definição estabelecida para Atividades Práticas (Tabela 2). Há uma aula com observação de amostras, quatro que envolvem demonstrações com uso de reagentes e uma única aula com atividade que pode ser considerada experimental.

Tabela 2. Planejamentos de aulas com outros recursos além de pesquisa/leitura de texto na internet ou vídeos. Resultados obtidos na análise das 206 sugestões de aulas, reunidas através da busca ‘atividades no laboratório’ no Portal do Professor, acesso em janeiro de 2012. (n=18)

Título da sugestão de aula	Atividades propostas
Os fungos – condições ideais para o crescimento e sobrevivência	Experimento –variações nas condições ambientais.
O que é que o solo tem?	Observação de amostras com lupa.
Epidemia	Demonstração com reagentes – presença de microrganismos
Aula prática : obtenção e utilização de indicadores naturais de pH: extração de indicadores do repolho roxo	Demonstração com reagentes.
O diabetes e suas implicações	Demonstração com reagentes - presença de açúcares.
Reação de combustão	Pesagem de materiais; demonstração Lei da Conservação das Massas.
O Ensino de Genética e as novas descobertas científicas: crítica de e valores éticos em questão.	Construção de modelo de DNA.
Aproveitamento Integral e Reaproveitamento dos Alimentos	Culinária – opcional no final do planejamento.
A fabricação de pães e os fungos. Como isso ocorre?	Culinária na sala de aula (receita de pão).
As proteínas e os colágenos no maravilhoso mundo das gelatinas	Degustação de gelatina – socialização lanche coletivo.
Coleta seletiva do lixo: importância e desafio	Organização de locais para coleta de lixo.
Gincana Esportiva: brincando através de jogos culturais.	Produção de modelo (DNA comestível) Verificar o nome e o link
Reciclagem: materiais alternativos em alta	Produção de papel reciclado.
A transmissão do impulso nervoso	Simulação de processo/mecanismo com os alunos.
Competição e mutualismo	Simulação de processo/mecanismo com os alunos.
Diabetes mellitus	Simulação de processo/mecanismo com os alunos.
Efeito cumulativo	Simulação de processo/mecanismo com os alunos.
Pensando no futuro - Evitando a Osteoporose	Sugere atividade extraclasse – caminhada

Se o sistema de buscas do Portal do Professor realmente elencou todas as aulas com algum tipo de prática, pode-se concluir que planejamentos que incluam Atividades Práticas são raros, correspondendo a pouco mais que 1% do acervo de Sugestões de Aulas.

3.2 Análise das sugestões de aulas que não foram incluídas na busca com a expressão ‘aulas no laboratório’.

As diferenças encontradas na aplicação dos termos de busca indicaram a possibilidade de vários planejamentos com Atividades Práticas não terem sido incluídos na

relação de 206 aulas inicialmente investigadas. A proporção final de planejamentos com Atividades Práticas poderia ser maior que o encontrado na primeira amostra.

A estratégia para analisar as 298 aulas restantes foi um pouco diferente. O que foi analisado nessa amostra não é apenas a presença de atividades práticas não detectadas pelo sistema de busca. A investigação está relacionada, também, ao potencial para a realização de Atividades Práticas nos planejamentos apresentados.

A análise tem como objetivo identificar planejamentos com possibilidades de Atividades Práticas que sejam tipicamente de Biologia, que sejam realizadas apenas no contexto de aula especializada na área de Ciências Biológicas. Essa especificidade das atividades com o componente curricular Biologia delimitou a análise aos planejamentos dedicados a assuntos característicos dessa área do conhecimento ou que tenham métodos de obtenção de informações que caracterizam as Ciências Naturais.

As aulas foram classificadas de acordo com o potencial para realização de Atividades Práticas mediante informações do título e do texto de apresentação.

Os temas mais simples foram considerados com maior probabilidade para desenvolvimento de práticas, pois permitiriam, no mínimo, atividades de observação de amostras ou execução de demonstrações de princípios ou conceitos básicos. Todos os planejamentos, cujo tema central das aulas é a biodiversidade, foram assinalados na listagem de sugestões de aulas como ‘candidatos a práticas naturalistas’.

Receberam a classificação de ‘candidatos a práticas demonstrativas’ os planejamentos abordando assuntos relacionados ao funcionamento de seres vivos ou ecossistemas.

Outras duas categorias foram criadas para incluir planejamentos que, pela complexidade técnica dos assuntos propostos, têm menor possibilidade de incluir atividades práticas adaptadas ao Ensino Médio (‘aulas com poucas probabilidades para atividades práticas’) ou cujos assuntos não são adequados a atividades práticas com as características pré-estabelecidas para análise (‘aulas com assuntos não típicos para atividades práticas de Biologia’).

Das quatro classes, a maior é a de ‘aulas com pouca probabilidade para Atividades Práticas’, correspondendo a 120 (40,27%) das sugestões de aula. Os temas centrais desses planejamentos eram Biotecnologia, Fisiologia, Microbiologia, Biologia Celular e Ecossistemas. Considerou-se, para inclusão nessa classe, que as Atividades Práticas

devem estar associadas, de modo próximo, ao assunto principal da aula. Uma aula sobre câncer, por exemplo, não seria bem representada por observação de crescimento de leveduras, ou de mitoses em ponta de raiz de cebola. Nas três situações, as divisões celulares são importantes, mas correspondem a contextos muito diferentes.. Assim, embora algumas práticas pertinentes possam ser propostas para temas mais complexos, o grau de dificuldade no preparo e execução são maiores, reduzindo muito a chance de serem executados no Ensino Médio.

As aulas avaliadas como ‘candidatas a práticas naturalistas’ ou como ‘candidatas a práticas demonstrativas’ correspondem a um total de 94, o que significa que 31,5% dos planejamentos são sobre assuntos que podem incluir Atividades Práticas simples. Nessa classe, estão os assuntos cuja a simplicidade, em relação à execução e ao material, permitiria até observações a olho nu.

O restante dos planejamentos (28,2% da amostra) foi considerado como ‘aulas com assuntos não típicos para atividades práticas de Biologia’; incluindo-se nessa categoria também as sugestões cujos resumos indicavam claramente o uso de outros recursos na abordagem do assunto (ex.: apresentação de vídeos, construção de modelos).

A análise dos planejamentos de aulas classificadas como ‘candidatas a práticas demonstrativas’ (n=46;Tabela .3) resultou em 28,3% de sugestões de Atividades Práticas simples, que não exigem muita descrição, estão bem apresentadas: possuem links para sites ou arquivos com boas instruções de execução. A principal característica desse grupo de aulas é o fato da atividade ser realmente exequível e constituir um momento importante para a continuidade da sequência planejada.

Em uma fração menor de planejamentos (19,6%), as atividades práticas não aparecem como parte importante do conjunto: algumas são apenas sugestões que o professor terá de buscar e adaptar, outras são atividades de finalização ou muito pouco expressivas no contexto do planejamento. Se o professor optar por não realizá-las, o conjunto do planejamento não fica comprometido.

Apenas 13% das sugestões de aula apresentavam outras atividades que não se enquadraram na delimitação de ‘Atividade Prática’ proposta nessa pesquisa (item 10.2.2, página 97), ou seja, envolviam atividades tais como: vivências de culinária; produção de modelos; uso de analogias ou jogos.

O resultado mais expressivo nessa análise, correspondendo a 39,1%, é a ausência de Atividades Práticas nos planejamentos, estando em acordo com o que se obser-

vou no estudo das sugestões de aulas obtidas na busca com a expressão ‘aulas no laboratório’.

Os planejamentos classificados como ‘candidatos a práticas naturalistas’ apresentam valores semelhantes aos encontrados para as ‘aulas candidatas a práticas demonstrativas’ (Tabela 4.). A maior frequência, 54,2% é a de aulas que utilizam apenas recursos de imagens, multimídia e/ou pesquisa na internet, enquanto que Os planejamentos onde há Atividade Prática relevante e necessária para continuidade das aulas correspondem a 22,9%. As sugestões de aula que apenas indicaram links para pesquisa de atividade prática ou colocaram a Atividade Prática como um item opcional foram 8,3%. As propostas que não correspondem ao conceito de Atividade Prática que está sendo usado foram 14,6 % .

Nesse grupo de aulas foi notável a baixa incidência de propostas com observação de animais. Os vídeos, documentários e sites são os recursos escolhidos, mesmo quando os animais estudados são comuns. Entende-se que as saídas de campo, por razões óbvias, ficam restritas ao pátio da escola ou, no máximo, ao seu entorno, mas mesmo assim o aproveitamento da biodiversidade local nas sugestões de aulas é ínfimo.

Tabela 3. Resultados da análise das Sugestões de Aula classificadas como ‘candidatas a práticas demonstrativas’.(n=46)

Planejamentos com práticas exequíveis e importantes na continuidade das aulas	
Transporte passivo - Osmose	“Batata chorona”; Internet; vídeos; imagens; textos.
A nutrição das plantas: processos de absorção, condução, respiração	Alteração na coloração de flores de caule mergulhado em corante; Internet; vídeos; imagens; textos
Saliva: importância orgânica	Atividade da amilase salivar; Internet; vídeos; imagens; textos
Catalase: importância e presença em alimentos	Atividade de catalase em fígado de boi; Internet; vídeos; imagens; textos
Densidade	Compara densidade de diferentes materiais; Internet; vídeos; imagens; textos.
Ácido fórmico: arma de ataque e defesa de seres vivos.	Detecção de ácido fórmico com solução de repolho roxo (aplicação em tiras de papel na trilha de formigas) Internet; vídeos; imagens; textos
FOTOSSÍNTESE / A produção de amido	Detecção de amido em folhas mantidas no escuro / claro; uso de controle; Internet; vídeos; imagens; textos
Por que sinto câimbras? - Respiração Celular	Evidências da respiração celular com leveduras, diferentes açúcares e balões; Internet; vídeos; imagens; textos
Osmose	Experimentos com ovo e vegetais; Internet; vídeos; imagens; textos.
Quem tem mais dá para quem tem menos! / DIFUSÃO E OSMOSE	Filme de PVC simulando a membrana (passagem de iodo); tecido vegetal em soluções hipo e hipertônicas; Internet; vídeos; imagens; textos.
Se as plantas não têm nariz por onde elas respiram?! / Funções dos Estômatos	Folhas imersas em água, para observar bolhas na superfície com estômatos; observação de estômatos em folhas ; Internet; vídeos; imagens; textos
Atividade interdisciplinar - como conhecer a qualidade do solo:	Técnicas de coleta, análise, registro de interpretação de resultados
Oxigênio: Gás Imprescindível Para a Vida na Terra	Vela/copo; Internet; vídeos; imagens; textos.
Planejamentos com sugestões de práticas que podem ser dispensadas sem interferir na continuidade das aulas	
Concentração de soluções, o que é isso?	Açúcar e adoçante em café; densidade e concentração; Internet; vídeos; imagens; textos
Folha - fisiologia e anatomia vegetal	Coleta de folhas (pátio da escola)
Cromossomos e cariotipagem	Montagem de carotipo; Internet; vídeos; imagens; textos.
Será que dá choque?	Sugere a ida no laboratório, sem protocolo de apoio; Internet; vídeos; imagens; textos
Água e óleo se misturam?	Sugere ao final links com atividades práticas; independente da execução do planejamento; Internet; vídeos; imagens; textos
A visão	Sugere dissecar olho de boi; Internet; vídeos; imagens; textos.
Conservação dos alimentos no cotidiano por adição de açúcar	Sugere link com atividade experimental; Internet; vídeos; imagens; textos
Gás Carbônico: presença e importância ambiental	Sugere links com experimentos para o professor adaptar; Internet; vídeos; imagens; textos.
Nutrientes vegetais	Indica links para medida do pH do solo com repolho roxo e experimento com salinidade; a execução da aula não depende dessas atividades
Planejamentos com propostas que não correspondem ao estabelecido para Atividades Práticas	
Cartilagem pra que te quero!? / histologia - tecido cartilaginoso	Analogia: atrito entre peças de madeira com/sem revestimento de plástico e óleo; Internet; vídeos; imagens; textos.
Fermento biológico ou químico como reagem?	Culinária / produção de pão e bolo; Internet; vídeos; imagens; textos.
Hidroponia	Projeto de horta hidropônica; Internet; vídeos; imagens; textos.
Fitormônios - os hormônios vegetais	Sugere links para objetos educacionais, um deles com designação de experimento; não pode ser acessado em 19/01. Internet; vídeos; imagens; textos;
Aproveitamento Integral e Reaproveitamento dos Alimentos	Sugere pesquisa de receita culinária para execução; Internet; vídeos; imagens; textos
Divisão celular	Uso de baralho para representar cromossomos; jogo.
Planejamentos somente com recursos multimídia e internet	
Estudando Colônia de Bactérias para Construir o Conceito de Função Exponencial	Intenet; vídeo/animação; texto
Aceita um cafezinho?	Intenet; vídeo/animação; texto
Conservação dos alimentos pelo salgamento	Internet; vídeos; imagens; textos
Processo da Fotossíntese	Internet; vídeos; imagens; textos
A química dos cremes dentais	Internet; vídeos; imagens; textos
Biomecânica e movimento dos seres vivos.	Internet; vídeos; imagens; textos
Quando a vida muda de cor	Internet; vídeos; imagens; textos
Água: seus diferentes tipos, tratamento e consumo inteligente	Internet; vídeos; imagens; textos, teatro.
Estudando a teia alimentar, habitat e o nicho do mosquito da dengue.	Internet; vídeos; imagens; textos, teatro;
Do macro ao micro: o universo das células	Internet; vídeos; imagens; textos.
Eita coisa grudenta	Internet; vídeos; imagens; textos.
Energia e sistemas biológicos	Internet; vídeos; imagens; textos.
Fatores que influenciam a fotossíntese	Internet; vídeos; imagens; textos.
O processo de fotossíntese	Internet; vídeos; imagens; textos.
Relações CTS: métodos de conservação dos alimentos.	Internet; vídeos; imagens; textos.
Sais, características e propriedades	Internet; vídeos; imagens; textos.
Transporte passivo - Difusão	Internet; vídeos; imagens; textos.
Transportes celulares	Internet; vídeos; imagens; textos.

Tabela 4 Resultados da análise das Sugestões de Aula classificadas como ‘candidatas a práticas naturalistas’ (n=48)

Planejamentos com práticas exequíveis e importantes na continuidade das aulas	
A VIDA EM TRANSFORMAÇÃO / METAMORFOSES	Acompanhar ciclo de vida de borboleta; construção de borboletário; Internet; vídeos; imagens; textos.
Fichando insetos	Construção de insetário; texto, pesquisa para identificação de insetos na internet.
PENA... É COISA DE AVE / Vertebrados - Aves	Construção de uma “asa”; observação de penas; teste de isolamento térmico; Internet; vídeos; imagens; textos
Os fungos – condições ideais para o crescimento e sobrevivência	Crescimento de fungos, experimento. Sem outros recursos indicados.
Sementes: suas partes e importância para as plantas	Germinação de feijão; experimento; imagens; textos
Planta se move? - Fotoperiodismo	Manutenção de plantas com fonte de luz direcionada; Internet; vídeos; imagens; textos
O Maravilhoso Mundo dos Fungos	Observação de leveduras e cogumelos comestíveis; Internet; vídeos; imagens; textos.
Caulos	Observação de material no entorno da escola; Internet; vídeos; imagens; textos
A flor e o fruto: a importância desses órgãos para as plantas	Observação de plantas no pátio da escola e no laboratório; degustação de salada de fruta; não indica internet, vídeos, etc.
Protozoários - Reino Protista	Observação de protozoários; Internet; vídeos; imagens; textos
A reprodução assexuada das plantas: a propagação vegetativa	Produção de mudas por estaquia; Internet; vídeos; imagens; textos.
Planejamentos com sugestões de práticas que podem ser dispensadas sem interferir na continuidade das aulas	
A Importância das Sementes	Acompanhar o ciclo de vida do feijão; Internet; vídeos; imagens; textos.
O reino Plantae: características e classificação	Exploração sensorial, observações no pátio; Internet; vídeos; imagens; textos.
A VIDA NO MAR / Corais	Recomenda apresentação de coral se possível; construção de modelo; simulação de deposição de sedimentos; Internet; vídeos; imagens; textos..
Por que planta tem nome? - taxonomia	3ª “Carteira de identidade” das árvores; Internet; vídeos; imagens; textos
Planejamentos com propostas que não correspondem ao estabelecido para Atividades Práticas	
“Mandala: uma forma divertida de estudar as sementes”	Atividade “artística” com sementes; Internet; vídeos; imagens; textos.
A TEIA / Aracnídeos - Aranhas	Construção de modelo de teia; Internet; vídeos; imagens; textos.
As plantas, suas partes e a importância para a alimentação	Degustação de vegetais; imagens; textos.
Superclasse Piscis - Os peixes	Pescaria de quermesse; Internet; vídeos; imagens; textos
Sementes	Produção de uma mandala; Internet; vídeos; imagens; textos
Classificação dos Seres Vivos / Que ordem é essa?	Simulação com fichas; Internet; vídeos; imagens; textos.
Quem sou eu?	Simulação de classificação taxonômica; Internet; vídeos; imagens; textos
Planejamentos somente com imagens, recursos multimídia e internet	
Natureza e interação: relações ecológicas	Imagem; texto; sugestão de jogo extracalssse.
Plantas Medicinais	Internet; vídeos; imagens; textos
Reptilia: Cobras e serpentes	Internet; vídeos; imagens; textos
Taxonomia do transmissor da dengue e outros insetos	Internet; vídeos; imagens; textos
Vertebrados	Internet; vídeos; imagens; textos
Vida em movimento: Cnidários	Internet; vídeos; imagens; textos
Interações entre insetos e plantas: herbivorismo	Internet; vídeos; imagens; textos
Diversidade da vida animal – Os “conquistadores”	Internet; vídeos; imagens; textos.
O sexo dos vegetais	Internet; vídeos; imagens; textos.
Abelhas: a postos para servir	Internet; vídeos; imagens; textos.
A importância dos polinizadores	Internet; vídeos; imagens; textos.
A moradia é o próprio Corpo Humano / Ascaridíase	Internet; vídeos; imagens; textos.
Anfíbios - Classe Amphibia	Internet; vídeos; imagens; textos.
As raízes vegetais	Internet; vídeos; imagens; textos.
Como acontece a reprodução sexuada nas plantas?	Internet; vídeos; imagens; textos.
Diversidade da vida animal: Anelídeos.	Internet; vídeos; imagens; textos.
Diversidade da vida animal: Platelminhos	Internet; vídeos; imagens; textos.
EQUINODERMOS: ANIMAIS POR EXCELÊNCIA	Internet; vídeos; imagens; textos.
Esponjas e Cnidários	Internet; vídeos; imagens; textos.
Fauna e flora urbana	Internet; vídeos; imagens; textos.
MOLUSCOS: o jogo da sobrevivência	Internet; vídeos; imagens; textos.
MORCEGO - O MAMÍFERO QUE ENXERGA COM OS OUVIDOS	Internet; vídeos; imagens; textos.
O início de tudo: espongiários	Internet; vídeos; imagens; textos.
O mundo microscópico das Bactérias	Internet; vídeos; imagens; textos.
Os Aracnídeos	Internet; vídeos; imagens; textos.
Os Répteis - Classe Reptilia	Internet; vídeos; imagens; textos.

3.3 Comentários finais

Ao percorrer as listagens de sugestões de aulas, verifica-se que algumas propostas aparecem em diferentes versões e são sugeridas para aplicação em vários níveis e modalidades de ensino, cabendo ao professor “dosar o nível de aprofundamento”. O uso de leveduras em atividades práticas é um exemplo dessa situação. Esses organismos aparecem, desde o Ensino Fundamental, sempre no mesmo tipo de atividade: crescimento com liberação de gás carbônico e produção de pães.

A constatação da ocorrência repetida de informações no ambiente escolar não seria problema, se os currículos de fato tivessem uma abordagem em espiral. Se o contexto em que a atividade se desenvolve é muito semelhante ou idêntico ao previamente apresentado, há uma grande probabilidade de que o recurso se torne menos eficiente. As Atividades Práticas têm grande importância para o processo de ensino e aprendizagem porque promovem situações desafiadoras (GASPARIN), mas como ser intelectualmente desafiador sem inovação? Como manter o foco de atenção dos alunos para uma atividade cujo resultado já é conhecido?

Quando o total de 504 planejamentos para a disciplina de Biologia é analisado em relação ao potencial para realização de aulas práticas, encontra-se, no mínimo, uma centena de aulas construídas para tratar de assuntos, que permitem o desenvolvimento de Atividades Práticas e que podem ser consideradas de fácil execução. Uma fração muito pequena desse potencial se realiza e as atividades práticas, quando sugeridas, na sua maioria são um pano de fundo, um adereço no desenvolvimento de um conjunto de aulas teóricas.

Na amostra de 504 sugestões de aulas, as ‘atividades experimentais’ são raras, o que talvez seja um reflexo da pouca disposição de docentes e alunos para se envolver em projetos ou dos grandes entraves para a realização de projetos de duração maior que uma ou duas semanas.

A maior parte das aulas analisadas (242 planejamentos) apresenta temas atuais e complexos, para os quais uma abordagem sob forma de Atividade Prática foi considerada improvável ou inadequada. Para realização de propostas que atendessem aos seus objetivos, haveria a necessidade de grandes investimentos em materiais, equipamentos, condições especiais de ambiente e de treinamento. Há que se considerar, também, que,

em várias delas, o contexto de abordagem é menos técnico, indicando a necessidade de aplicação de outros recursos didáticos.

É muito provável que a maioria dos planejamentos analisados nesse trabalho não tenha sido executada. As Sugestões de Aulas do Portal do Professor ainda pode ser descrito mais como fonte de inspiração através de planejamentos do que repositório de aulas realizadas. O incentivo ao uso dos recursos disponíveis no Portal do Professor e, mais ainda, a participação ativa na proposição de materiais didáticos e no compartilhamento de experiências, através desse portal, são compromissos para a formação de uma nova geração de docentes.

O acervo de planejamentos de aulas do Portal do Professor também pode ser interpretado como um reflexo dos interesses dos proponentes e das necessidades dos professores. A grande quantidade de aulas sobre temas atuais - de grande destaque e aplicabilidade social - é um dado animador, mas são preocupantes o pequeno número de Atividades Práticas nas sugestões de aulas e a grande variação na definição do que seja uma prática para o ensino de Ciências. Se recursos como confecção de cartazes ou infográficos passarem a ser considerados como práticas, a preferência pelo uso de vídeos sobre qualquer outro recurso e a substituição dos textos de livro por texto da internet forem consolidados como tendências, não teremos uma melhoria significativa em relação ao ensino de Biologia e das Ciências de modo geral. Ficam como desafios: a) divulgar mais e melhor as Atividades Práticas, em especial as de caráter experimental e as que pode ser usadas para o ensino da biodiversidade; b) associar, de modo mais equilibrado, as atividades de observação concreta com as de observador passivo de vídeos ou imagens - há muita natureza á nossa volta que pode e deve ser apreciada.

PARTE II

PROPOSTA DE CURSO PARA FORMAÇÃO DOCENTE SOBRE PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE ATIVIDADES PRÁTICAS

A segunda parte dessa tese é dedicada às atividades práticas no ensino de Ciências e à formação de professores.

Os capítulos foram organizados para constituir textos de apoio para as discussões sobre planejamento e desenvolvimento de aulas práticas para o Ensino Médio. Embora os temas gerais abordados nesses capítulos também sejam pertinentes às áreas de Física e Química, as atividades e exemplos são de Biologia.

O curso proposto está organizado em três etapas, com duração total de no mínimo de 45 horas. Embora a proposta original seja para aplicação na formação inicial de docentes, há a possibilidade de ser adaptado às características e necessidades da formação docente continuada.

Na primeira etapa do curso são definidos, de acordo com as necessidades e interesses dos participantes, os assuntos para discussão e realizadas as atividades práticas designadas como desencadeadoras.

Na segunda fase, são planejadas e executadas atividades práticas associadas à HC e a última etapa envolve a proposição de atividades práticas inovadoras com temas contemporâneos de CT.

4 ‘PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE ATIVIDADES PRÁTICAS PARA O ENSINO MÉDIO’ – PROPOSTA DE CURSO

Considerando que a formação inicial dos docentes é uma etapa onde opiniões se fortalecem, atitudes e habilidades que terão impacto na atuação profissional futura se desenvolvem, os capítulos da segunda parte foram produzidos para aplicação em curso para formação de docentes. Acreditamos que através de vivências concretas, em um ambiente colaborativo para desenvolvimento de propostas e crítico nas avaliações e discussões, possamos colaborar na formação de futuros professores sensíveis às questões relacionadas com a renovação do ensino de Biologia.

Além do ensino das Ciências nas salas de aula, há também a necessidade de divulgar as informações sobre CT para a população que já concluiu a educação básica ou sequer teve acesso a ela. Vivemos em uma sociedade onde os produtos do desenvolvimento científico e tecnológico compõem nosso cotidiano de modo muito importante, mesmo que não sejam imediatamente reconhecidos como tal. Conhecer os bens e serviços derivados dessas áreas não pode ser uma competência restrita a alguns indivíduos. Esse conhecimento deve ser ampliado o máximo possível para todos, pois permite o exercício pleno da cidadania, para definir escolhas mais acertadas para a vida pessoal, para a sociedade e para o ambiente.

O crescimento da população mundial também é uma característica dos últimos séculos e, de vários modos, está associado ao desenvolvimento da CT. O aumento populacional alterou a configuração demográfica e as tecnologias modernas modificaram o modo de produção de bens, criando novos serviços. As escolas tiveram que se adaptar a essa realidade recente que exige mais vagas, mais professores, métodos de ensino mais

eficazes e adaptados ao maior número de alunos em sala. O sistema de ensino também deve responder às mudanças culturais decorrentes principalmente da disseminação rápida de novas formas de linguagem e veiculação de informações que estão associadas ao desenvolvimento das Tecnologias de Comunicação e Informação (TIC).

A proposta desse curso sobre planejamento e execução de atividades práticas para o Ensino Médio se diferencia de uma disciplina usual de graduação em relação ao programa e distribuição de conteúdos. Embora os assuntos apresentados nos capítulos subsequentes sejam todos pertinentes ao tema central do curso, seria incorrer nos erros já apontados propor cronograma que incluísse todas essas abordagens.

O curso está dividido em três etapas. O começo das atividades é a seleção de temas prioritários para discussão e a apresentação das *atividades práticas desencadeadoras*. Recebe esse nome o conjunto de oito atividades todas tendo como temática a produção de gás carbônico (Anexo B).

O planejamento das *atividades práticas desencadeadoras* corresponde ao formato mais tradicional possível. Essas propostas não têm como objetivo serem inovadoras. Cumprem a função de propiciar discussões sobre situações concretas e muito comuns que envolvem o planejamento e a execução de atividades práticas. Nessa etapa do curso, os participantes são de fato executores autônomos e, como tal, discutem e avaliam as atividades. A exequibilidade a partir do que foi informado e a própria sequência de instruções de cada atividade estarão em discussão ao final. As indicações de atividades complementares também devem ser executadas, discutidas e avaliadas.

As discussões são ponto essencial do curso. Espera-se que através delas cada participante explore seu universo de idéias e concepções sobre o que seja adequado ou não para um planejamento de atividade prática para o Ensino Médio. Além do proporcionar a reflexão sobre as próprias opiniões, a análise da estrutura formal das atividades deve originar a organização de hipóteses sobre como constituir planejamentos alternativos que estejam mais de acordo com as opiniões individuais.

Na segunda etapa, os participantes se envolverão com a produção de atividades práticas que tenham vínculo com a HC. As propostas serão planejadas e desenvolvidas como aulas. Espera-se que, nesse momento, as idéias expressas nas discussões anteriores se manifestem através da organização das atividades e sejam testadas através da concretização em atividades.

A parte final do curso é dedicada a propostas de práticas inovadoras com temas contemporâneos de CT que dependem de informações complexas. Que atividades práti-

cas são pertinentes a esses assuntos e como podem ser executadas? O desafio de encerramento é fazer a adaptação dessas informações, usando o conceito de transposição didática (CHEVALLARD, 1994).

Os capítulos de 5 a 19 são textos que servem de apoio para as discussões do curso (Tabela 5). Serão utilizados de acordo com as necessidades e interesses dos participantes e para permitir que possam ser associados em diferentes conjuntos, algumas informações estão apresentadas em mais de um capítulo. A reapresentação de idéias foi a solução encontrada para permitir que os capítulos possam ser escolhidos de modo independente, garantindo que assuntos correlatos ao tema central ficassem minimamente representados.

Tabela 6. Listagem de textos de apoio para as discussões do curso *Planejamento e Execução de Atividades Práticas no Ensino Médio*.

Capítulo	Título e assunto principal
5	A RENOVAÇÃO NECESSÁRIA NO ENSINO DE BIOLOGIA. Crescimento do conhecimento científico impondo modificações na formação profissional e na educação básica; a necessidade de selecionar informações em relação ao conteúdo e às fontes.
6	A CRISE E AS REFORMAS NO DO ENSINO DE CIÊNCIAS. As propostas de reforma no ensino de Ciências no Brasil e no mundo; como deve ser a formação dos docentes para esse novo cenário de ensino; os problemas na formações de professores para a área científica.
7	FORMAÇÃO DOCENTE PARA ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Os desafios contemporâneos de aumentar o número de docentes para as disciplinas da área científica e de melhorar a qualidade da formação docente.
8	O ENSINO DA CIÊNCIA E O EXERCÍCIO DA CIDADANIA. <i>O que se espera do ensino das Ciências; o ensino da Ciência como uma decisão político ideológica.</i>
9	CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. <i>O que é alfabetização em Ciência; as dificuldades da escola no processo de alfabetização científica; Ciência como produto cultural.</i>
10	AULAS PRÁTICAS. <i>As vantagens e desvantagens das aulas práticas em relação aos outros recursos de ensino; as atividades práticas de biologia típicas de ensino médio; os diferentes tipos de atividades práticas</i>
11	AS ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AS PRÁTICAS DE ENSINO MÉDIO. Paralelo entre as práticas de graduação e as de Ensino Médio; visão crítica das adaptações de materiais e construção de equipamentos
12	POR QUE AS ATIVIDADES PRÁTICAS NÃO SÃO COMUNS? Paradoxo entre a importância das aulas práticas e o pouco uso.
13	OS DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADES PRÁTICAS. Relação entre os tipos de atividades práticas e as teorias de aprendizagem; o que se pode esperar das “receitas prontas” e das Feiras de Ciência.
14	ATIVIDADES PRÁTICAS E AS TEORIAS DE APRENDIZAGEM. “Aprender a fazer”; “hands-on”, construtivismos, socio-interacionismos; a falta clareza em relação às teorias de aprendizagem na prática docente.
15	HISTÓRIA DA CIÊNCIA E PLANEJAMENTO DE AULAS PRÁTICAS. A história como listagem de nomes datas; visão crítica das biografias; a importância de trabalhar com as informações da História da Ciência e os experimentos clássicos.
16	ARGUMENTOS SOBRE A IMPORTÂNCIA DE CONSTRUIR. Vantagens e desvantagens da produção e adaptação de materiais para a realização de aulas práticas.
17	COMO É FEITO? A necessidade de saber como bens e serviços são produzidos; as implicações éticas e política desse conhecimento.
18	QUALQUER AULA PRÁTICA É MELHOR QUE NENHUMA? O planejamento de ensino e a inserção de atividades práticas; a avaliação das atividades práticas.
19	QUAL O ALCANCE DAS ATIVIDADES PRÁTICAS? Visão crítica sobre os objetivos, as interações entre conceitos e as conclusões resultantes de atividades práticas.

Questionamentos em aberto aparecem ao longo dos textos. As perguntas têm função de incitar discussões e não devem constituir os limites para as manifestações. Espera-se que essas questões sejam apenas pontos de partida para criação de pautas de discussão que sejam do interesse dos participantes.

Esperamos que esse curso seja parte de uma trajetória mais longa, associando a formação inicial de docentes com a formação continuada. Se forem atingidos os objetivos relacionados com desenvolvimento de propostas e produção de materiais didáticos que sirvam de apoio para a transposição de informações de CT para a educação básica, o curso estará contribuindo para que se disponha de recursos cada vez mais adaptados para a linguagem e contexto de aprendizagem dos alunos de Ensino Médio.

5. A RENOVAÇÃO NECESSÁRIA NO ENSINO DE BIOLOGIA

No início do século passado, havia uma maior proximidade entre a proposta curricular dos cursos superiores e os programas de ensino escolar. Nas Ciências Biológicas, a partir da segunda metade do século XX, em especial depois da década de 80, com os avanços da genética molecular e o advento da biotecnologia, um abismo começou a se formar entre os programas de graduação e os programas do Ensino Médio.

Também outras áreas das Ciências Biológicas ganharam destaque pelo rápido crescimento nas últimas décadas, notavelmente Ecologia, Microbiologia, Bioquímica e Fisiologia.

Tentar acompanhar o desenvolvimento das Ciências é um dos maiores desafios dos currículos dos cursos superiores da área científica-tecnológica. O efeito do progresso da CT sobre os programas das disciplinas no ensino superior é basicamente uma multiplicação de tópicos novos e a subdivisão de temas já existentes em títulos específicos. A inclusão desses novos assuntos é imposta pela necessidade de atualização e sobrecarga de informações as disciplinas atuais.

Em alguns cursos, o tempo dedicado à formação profissional básica, embora não tenha sofrido mudanças desde o início do século passado, efetivamente está sendo expandido através das pós-graduações. Competências específicas para atuação no mercado de trabalho muitas vezes são obtidas apenas através de cursos de mestrado e doutorado.

O aumento da carga horária, seja através de um maior número de horas nos cursos de graduação ou da qualificação para atuação específica dentro de grandes áreas, tem sido apontado como solução para manter os cursos de graduação como formadores de egressos que sejam capazes de se inserir no mercado de trabalho imediatamente após a conclusão do curso. Um exemplo dessa situação é a formação de Biólogos. O Parecer 01/2010 do Conselho Federal de Biologia revisou as áreas de atuação do Biólogo e ex-

pandiu de 2.400 horas para 3.200 horas a formação mínima para obtenção de registro profissional:

“Art. 2º- Para fins de atuação em pesquisa, projetos, análises, perícias, fiscalização, emissão de laudos, pareceres e outros serviços nas áreas de meio ambiente, saúde e biotecnologia, os graduandos em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas que colarem grau a partir de dezembro de 2013 deverão atender a carga horária mínima de 3.200 horas, contemplando atividades obrigatórias de campo, laboratório e adequada instrumentação técnica conforme Parecer CNE/CES 1.301/2001, Resoluções CNE/CES 07/2002 e CNE/CES 04/2009.

(PARECER CFBio Nº 01/2010)

O grande desenvolvimento da Ciência e tecnologia também trouxe novas questões para os currículos da Educação Básica. Nas salas de aula do ensino médio, os professores de Biologia vivenciam um problema sem solução aparente: mesmo que consigam trabalhar a extensa lista de conteúdos previstos para cada série, sabem que esses programas não contemplam as necessidades atuais para formar cidadãos capazes de acompanhar o progresso científico e tecnológico.

As análises dos livros didáticos produzidos na última década indicam também essa situação conflitante (AMARAL, 2006). O ensino médio continua com a mesma duração, mas os livros cresceram em número de páginas e em diversidade de temas. Nesse universo de informações, que continua em expansão, caberá ao professor a seleção de conteúdos a serem trabalhados no livro texto e não haverá tempo para abordar todos os assuntos, por mais interessantes e necessários que sejam.

A expressão “informação é poder” tornou-se comum com o início da Internet. Depois, vieram os primeiros questionamentos. O excesso de informação pode ser tão prejudicial quanto a sua falta? Em 1989, Richard Wurman escreveu um dos primeiros livros sobre o tema da ansiedade gerada pelo excesso de informação. Na divulgação da obra dados impressionantes: a quantidade de informações (linhas para leitura) da edição do final de semana de grandes jornais, como o *The New York Times*, corresponde, em média, ao que uma pessoa alfabetizada do século XIV leria ao longo de toda vida. (JUNGWIRTH, 2002).

Uma estimativa sobre número de livros publicados no ano 2000 (na Europa e nos EUA) dá uma idéia mais concreta sobre a grande quantidade de informação: 1000 títulos publicados por dia. No mesmo período, na Internet - que ainda não tinha se de-

envolvido como hoje - estimava-se que a informação presente no ambiente virtual correspondia ao armazenamento de 800 milhões de páginas (JUNGWIRTH,2002).

O excesso de informações é um fenômeno cultural, apoiado pelas facilidades advindas de CT não se restringe aos programas de ensino ou aos livros didáticos.

A tentativa de compensar essa disparidade entre conteúdos e prazos tem sido o apelo a resumos, listas de conceitos, tabelas comparativas e outras formas de apresentação concisa de informação para memorização. Nenhuma dessas formas de apresentação de conteúdos corresponde ao que seria necessário para enfrentar os desafios contemporâneos do ensino de Biologia expressos nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio:

“O ensino da Biologia deve enfrentar alguns desafios: um deles seria possibilitar ao aluno a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico. [...]”

Outro desafio seria a formação do indivíduo com um sólido conhecimento de Biologia e com raciocínio crítico. Cotidianamente, a população, embora sujeita a toda sorte de propagandas e campanhas, e mesmo diante da variedade de informações e posicionamentos, sente-se pouco confiante para opinar sobre temas polêmicos e que podem interferir diretamente em suas condições de vida, como o uso de transgênicos, a clonagem, a reprodução assistida, entre outros assuntos. [...]”

Contraditoriamente, apesar de a Biologia fazer parte do dia-a-dia da população, o ensino dessa disciplina encontra-se tão distanciado da realidade que não permite à população perceber o vínculo estreito existente entre o que é estudado na disciplina Biologia e o cotidiano. Essa visão dicotômica impossibilita ao aluno estabelecer relações entre a produção científica e o seu contexto, prejudicando a necessária visão holística que deve pautar o aprendizado sobre a Biologia. O grande desafio do professor é possibilitar ao aluno desenvolver as habilidades necessárias para a compreensão do papel do homem na natureza.

Para enfrentar esses desafios e contradições, o ensino de Biologia deveria se pautar pela alfabetização científica. Esse conceito implica três dimensões: a aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico e a compreensão sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a sociedade.”

(Orientações curriculares para o Ensino Médio, v.2; p. 17-18)

Na opinião de Umberto Eco, escritor e semiólogo italiano:

“A internet é perigosa para o ignorante porque não filtra nada para ele. Ela só é boa para quem já conhece – e sabe onde está o conhecimento. A longo prazo, o resultado pedagógico será dramático.”

(ECO, 2011)

Em uma entrevista, concedida à Gilberto Giron, Umberto Eco exemplifica com os personagens históricos Júlio César e Calpúrnica, as consequências da falta de filtragem (ANEXO A). Esse exemplo poderia ser transferido para as informações que fazem

parte dos programas de ensino? Quais os critérios para determinar o grau de importância, utilidade ou hierarquia de conteúdos? Considerando que a afirmativa desse autor esteja correta, que “conhecer é filtrar”, qual será o papel do professor nesse sistema com tantas informações que exige seleção para se tornar útil? A previsão feita por Umberto Eco já está se realizando?

Ainda que seja consenso que o ensino das Ciências deve sofrer alterações, as discussões sobre o quê e como ensinar provavelmente seguirão por muito tempo. Se a formação de cidadãos mais versados em CT não iniciar logo, gerações irão se suceder expostas, desde a infância, às novas aplicações tecnológicas na condição de usuários pouco ou nada esclarecidos sobre os produtos que consomem. Sem compreender o básico sobre CT a sociedade terá apenas consumidores ingênuos, sem condições para avaliar com clareza custos, benefícios ou problemas éticos associados aos bens e serviços que estão à sua disposição.

6 A CRISE E AS REFORMAS DO ENSINO DE CIÊNCIAS

O ensino das diferentes Ciências passa por uma crise e essa situação é internacional, mas não é recente. Na primeira metade do Século XX, HUSSERL já questionava o caráter positivista da Ciência e a possibilidade de neutralidade do sujeito-pesquisador frente aos objetos-temas de pesquisa. Sob outros aspectos, algumas críticas são mais antigas e já estavam presentes desde o Século XIX - ser pouco aplicável à realidade cotidiana é uma delas.

É provável, considerando a evolução do conhecimento, que o ensino nessas áreas seja mantido em ‘estado de crise’ por um longo tempo, ou que essa condição seja intrínseca ao ensino de CT. Tal interpretação não significa, de modo algum, impossibilidade de resolução de questões importantes ou ausência de soluções. Ainda que esta crise seja contínua, não se trata de problema-sem-solução ou pergunta-sem-resposta.

A perpetuação de dificuldades no ensino dessas áreas de conhecimento pode ser explicada pelo surgimento muito rápido de novos problemas, provocando mudanças no cenário de informações e no contexto social. Além disso, a resolução de alguns problemas está apenas na dependência de mudanças de postura didático-pedagógica, as quais ocorrem muito lentamente.

“Thus, it is not enough just to transform the curriculum; we must also transform teacher’s pedagogy. The teaching of school science has become habituated to one where science is taught as dogma and not as a body of knowledge to be approached, discussed and evaluated.”

(OSBORNE,2007)

Abandonar a idéia de escolher entre a resposta correta e a errada. Aceitar que não há uma solução única correta, e que o somatório da diversidade de propostas e a-

bordagens é a melhor alternativa, mas que esse somatório é cambiável, é um processo complexo, que exige a construção de novos padrões de comportamento. Stephen Jay Gould, em um ensaio inspirado, coloca o dualismo do cérebro humano como um problema:

“Somos acometidos por dualidades, talvez porque a natureza favoreça as parselhas, mas desconfio de que seja mais porque a nossa mente funciona como uma máquina dicotomizadora. Dentre as dualidades organizadoras da nossa consciência, mudança e constância destacam-se como as mais profundas e abrangentes”

(GOULD, 1997; p.170)

São vários os países que se empenham em promover mudanças no ensino de Ciências desde a última década. A reorganização curricular da Educação Básica em Portugal, iniciada em 2001, apresenta duas idéias centrais no que se refere ao ensino de Física e de Ciências Naturais: 1) valorizar a aprendizagem através de experimentos, para integrar teoria e prática; 2) tratar alguns tópicos de modo interdisciplinar, enfatizando fenômenos que são explicados por diferentes áreas do conhecimento (DUARTE e cols., 2008).

No currículo da Educação Básica de Portugal, o ensino de Ciências deve ser feito de modo integrado e associado à realidade, inserido no contexto social que os alunos vivem. Os conteúdos não devem ser partes independentes, mas peças articuladas que em conjunto constituam o conhecimento integrado por diferentes áreas. Ou seja, deve existir uma articulação horizontal de conceitos temas, conteúdos e habilidades. As interpretações devem emergir das associações de informações provenientes de diferentes áreas que, no caso da estrutura curricular portuguesa, não significa dissolução das diferentes áreas do conhecimento. Trata-se de priorizar planejamentos conjuntos para os temas que são interdisciplinares. (DUARTE e cols., 2008)

Como aumentar a motivação para o estudo é uma das principais preocupações contemporâneas no ensino em Portugal, pois, uma proporção significativa de alunos abandona precocemente o sistema escolar por falta de interesse e/ou incentivo (DUARTE e cols., 2008).

Preocupações semelhantes aparecem em relatórios sobre o ensino de Ciências do Reino Unido:

“The future of the United Kingdom lies in knowledge. But our ability to generate new knowledge and use it innovatively depends upon having a scientifically literate population. And although people learn throughout their

lives, good science education in schools is a vital preparation for scientific literacy in later life. But despite its importance, science education in schools is threatened from a number of directions, not least by a shortage of well-qualified science teachers.”

(NATIONAL SCIENCE WEEK – 2006 REPORT)

Na Espanha, no século passado, ao final dos anos 80, a crise no ensino de Ciências tornou-se evidente. O principal sintoma da crise foi a rejeição crescente às disciplinas científicas. A tendência de deslocamento de jovens para outros cursos resulta em vagas não ocupadas em várias faculdades de licenciatura (25% de redução na matrícula) e decréscimo das notas de acesso ao ensino superior (FERNANDEZ-GONZALEZ, 2008).

Para FERNANDEZ-GONZALEZ (2008), o fato da Ciência não ser atrativo para os alunos pode ser explicado pela forma como o estudo das Ciências é realizado na escola. A falta de motivação pode ser atribuída ao ensino teórico e desvinculado do cotidiano. Como exemplo da falta de ligação entre os programas de Ciências e os temas necessários à sociedade FERNANDEZ-GONZALEZ relata a situação vivida por uma comunidade da região de Granada quando teve que votar se era a favor ou contra a instalação de uma antena para telefonia móvel. O resultado foi pela não instalação porque a “antena produzia muita radioatividade”.

Mudanças nas estratégias de ensino estão sendo promovidas em diferentes países e novos nomes marcam esse contexto de mudanças, na Grã-Bretanha o termo usado é “*Science for Public Understanding*”, na França a designação é “*Enseignement Scientifique, Série Littéraire*” e na Espanha “*Ciências para el Mundo Contemporáneo*”. Associados a esses nomes estão a produção de materiais didáticos, especialmente com recursos de TIC e o desenvolvimento de novas abordagens, sob forma de cursos ou disciplinas (obrigatórios ou não, dependendo do país) para a fase final da educação básica, atingindo em especial os alunos da faixa etária de 14-17 anos.

Essas propostas têm em comum duas grandes fontes de temas que devem servir como referências para construir os programas de ensino de Ciências:

- situações do cotidiano com importância social que devem ser o ponto inicial para o desenvolvimento de “cultura científica” que permita o exercício da cidadania, entendida como participação na vida social, política da comunidade;

- temas polêmicos relacionados a CTA que gerem discussões e controvérsias através das quais pode-se ampliar os conhecimentos sobre conceitos científicos.

São características das metodologias indicadas por essas propostas de mudança: 1) uso das informações da mídia como princípio para os planejamentos; 2) uso de recursos variados e informações acessíveis em linguagem que permita fácil entendimento; 3) apresentação correta dos conceitos básicos da Ciência; 4) emprego de métodos de avaliação que priorizem a manifestação dos alunos, através de opiniões fundamentadas substituindo a repetição de informações memorizadas.

Embora, entre os especialistas proponentes das mudanças e os professores seja consenso que o ensino das Ciências deve mudar e a direção da mudança para assuntos de CTS seja aceita por ambos como a mais necessária, a polêmica se instala quando o assunto é programa de disciplinas e metodologias de ensino.

As principais críticas e rejeições ao novo modelo de ensino que a Espanha tenta instalar são apresentadas por FERNANDEZ-GONZALEZ (2008). Dentro da universalidade do problema, os mesmos argumentos e situações são encontrados em outros países que tentam implantar mudanças semelhantes, incluindo-se o Brasil.

A remoção de itens clássicos dos programas e a inclusão de temas abertos em relação à seleção de conteúdos e informações com conotações sociológicas e econômicas despertam a desconfiança de que a qualidade do ensino será comprometida e que a Ciência, propriamente dita, se ausente da sala de aula.

Para essa ponderação, FERNANDEZ-GONZALEZ (2008), como grande defensor das reformas, argumenta, que se os professores tiverem uma formação sólida encontrarão o que é essencial em cada área de conhecimento nos problemas do cotidiano e constituirão programas que contemplem os conceitos básicos de cada área. Nas palavras dele:

“Lo que aquí verdaderamente se ha producido es, en realidad, un proceso drástico de selección, que ha eliminado contenidos académicos que no justifican su utilidad, por carencia de aplicaciones contextuales.”

(FERNANDEZ-GONZALEZ, 2008)

Outra preocupação dos professores em sala de aula, nessa fase de mudança, é com os materiais didáticos. Em programas abertos e que atendam as necessidades locais, não haverá condições de “seguir um livro texto”. Além disso, há uma carência de materiais de divulgação para que o professor faça as transposições didáticas necessárias para a abordagem de temas complexos envolvendo CT.

A seleção de temas com base nas vivências e exposições do cotidiano cria a necessidade de trabalhar na educação básica com informações sobre produtos tecnológicos usados no dia a dia ou que são divulgados na mídia. A compreensão dessas informações depende de conceitos e associações complexas que não podem ser abstraídos, tratados de modo secundário ou superficial. Há, portanto, necessidade de “transposição didática” ou de “conversão do saber especializado em saber escolar” para vários temas e para uso imediato. A produção desse tipo de informação, adequada para aplicação na educação básica, talvez não ocorra a tempo para dar suporte ao professor em sala de aula ou não tenha a qualidade necessária.

As metodologias sugeridas também causam preocupações sobre a qualidade final da formação em Ciência. Os programas são caracterizados como de CTS porque um dos objetivos das reformas é aproximar os alunos dos debates sobre CT para desenvolver o interesse sobre essas questões que são consideradas fundamentais para o exercício pleno da cidadania. As propostas construtivistas servem como apoio para as metodologias sugeridas. Assim, recomendam os especialistas que sejam valorizadas as informações prévias dos alunos, as manifestações de opinião e a diversidade de caminhos que pode haver para a compreensão de um conceito. Os recursos mais indicados para tanto são as investigações, trabalhos de campo, entrevistas, debates e discussões.

Os mais pessimistas apontam que não havendo material suficientemente adaptado por ausência de transposição didática para o tema, as discussões ficarão fundamentadas pela opinião própria de cada um, construída a partir das informações superficiais e pouco confiáveis, veiculadas pela mídia que for mais acessível.

A ausência de informações adequadas e suas conseqüências compõem a crítica mais pertinente e reconhecida como potencialmente perigosa por FERNANDEZ-GONZALEZ (2008). A possibilidade das aulas se tornarem uma troca de opiniões de senso comum, todas com igual valor, só poderá ser evitada através de uma seleção criteriosa sobre o que pode e o que não pode ser objeto de debate. Mesmo para os temas que suportem discussões e debates como recursos válidos, deve ficar bem delimitado quais são as fontes válidas para os argumentos, com garantia de cientificidade.

No pano de fundo da discussão sobre metodologias e recursos estão as atividades de investigação. A conceituação empregada é bem ampla, podem ser: trabalhos de campo, com entrevistas e coletas de informações na comunidade; as típicas aulas de campo da biologia com registros de dados sobre ecossistemas; revisões bibliográficas; atividades de laboratório.

A situação das aulas práticas nas disciplinas de Ciências no ensino tradicional em nada indica que o sucesso será maior. As aulas práticas foram reduzidas ou abandonadas na maioria das escolas e agora devem ser retomadas. As atividades práticas experimentais são reconhecidas como importantes e, na mesma medida, como as mais difíceis de serem planejadas e executadas. É um dos recursos cujo emprego fica comprometido se os professores não tiverem uma forte convicção do que estão fazendo.

Na opinião de FERNANDEZ-GONZALEZ (2008), a falta de adesão plena às mudanças propostas pode levar os professores a ‘aceitar’ os novos conteúdos e programas, porém mantendo a práxis tradicional. Sem uma alteração profunda na forma de ensinar, a essência dessas mudanças fica comprometida e a reforma desejada não ocorrerá.

7 A FORMAÇÃO DOCENTE PARA ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A formação de docentes na atualidade envolve um duplo desafio: crescer em matrículas e melhorar em qualidade.

O modelo ideal para preparação de professores nas áreas das Ciências, por sua vez, também apresenta duas demandas igualmente importantes. O crescimento da CT solicita que o professor seja um especialista na transmissão de saberes de uma área, isso implica em ter uma sólida formação específica. Porém, não basta para esse modelo formativo de docentes o conhecimento especializado da área de ensino, há que ser um profissional da educação, versado em metodologias e teorias de aprendizagem. Somente assim o professor será o mediador necessário para dinamizar o trinômio Ciências e suas Tecnologias, sistema escolar e sociedade.

Segundo SOUSSAN (2003), a formação docente deve contemplar três grandes grupos de conhecimentos: 1) os específicos da área de conhecimento onde vai atuar; 2) os que se relacionam com as teorias de aprendizagem e as metodologias típicas para a área específica onde está recebendo formação; 3) as informações sobre a organização escolar didático-pedagógica e administrativa, com destaque para políticas e diretrizes para o funcionamento do sistema educacional onde atuará.

O que se espera dos professores e a função que devem ter no processo de ensino-aprendizagem variam de acordo com a época e a ideologia dos pensadores. A relação dos docentes com os alunos e a sociedade também é diferente de acordo com os modelos de ensino e as teorias de aprendizagem adotadas. Há dois extremos, dentre as mais diversas relações possíveis, teremos a autoridade máxima, detentora do saber, a agente facilitador das situações de aprendizagem que deve ter sensibilidade para detectar o clima afetivo e emocional da classe e trabalhar com questões associadas à motivação.

Utilizando a idéia de espirais de sucesso ou insucesso, SOUSSAN (2003) vê o professor como o agente que pode interferir nessas rotas, seja mantendo ou intensifican-

do a curiosidade intelectual de alguns (e assim colaborando para o maior sucesso), seja instalando ou favorecendo a curiosidade onde ela não se desenvolveu ou é carente (resgatando o aluno do fracasso escolar). O professor pode melhorar a adaptação do aluno à escola através de providências que interfiram nas motivações pessoais, ao criar situações de sucesso que revertam e superem a falta de interesse.

A capacidade de propor atividades inovadoras seria uma qualidade necessária ao professor, uma vez que, de acordo com a visão de SOUSSAN (2003) sobre a necessidade de adaptação do aluno à escola, a inovação é uma forma de manter a motivação, de estimular a curiosidade e comprometer o aluno na busca de saber.

Embora não sejam temas secundários, não foram os modelos ou programas para formação docente que se destacaram nos relatórios das últimas décadas. É a necessidade de formar um maior número de docentes para atuar nas áreas de Ciências (Biologia, Física, Química e Matemática) que tem sido fonte de preocupação e considerado como um desafio mundial (INGERSOLL, 2007).

O interesse pela Ciência e pelo ensino dela tem que ser despertado simultaneamente nos jovens em uma fase bem precoce, considerando-se que a escolha da profissão, através da opção por um curso superior, ocorre antes do final da segunda década de vida, tendo em vista a progressão ininterrupta do ensino médio para o superior (MILES & STAPLETON, 2002).

Nos EUA, as previsões sobre falta de docentes para a educação básica para o início do século XIX começaram nos anos 80. As taxas previstas para ingresso de alunos no sistema e para aposentadorias de professores indicavam que deveria haver um incentivo para aumentar o número de interessados nas carreiras de docente. Várias pesquisas demonstraram a complexidade de interações entre fatores mais expressivos que dados demográficos.

A investigação conduzida por INGERSOLL & PERDA (2006) demonstram que as taxas usuais de diplomação de novos professores nas áreas de Ciências e Matemáticas seriam suficientes para preencher as vagas criadas por aposentadorias, mas não para compensar as desistências. O abandono da carreira tem como consequência a redução no desempenho das escolas onde esse fenômeno é mais intenso. Na avaliação dos especialistas, a substituição de professores experientes, associado ao baixo número de candidatos, está interferindo negativamente na qualidade do ensino (DOWNEY, 2008).

As principais causas para o abandono da carreira são insatisfação com o emprego, em especial com o comportamento dos alunos, ou simplesmente por colocações me-

lhores no mercado de trabalho (INGERSOLL, 2003). As análises indicam que as medidas mais produtivas seriam as que favorecessem a permanência dos professores nas escolas do que medidas de incentivo para escolha da carreira. O problema não está no baixo recrutamento de candidatos à docência, mas na manutenção dos diplomados (INGERSOLL, 2007).

Aumentar o número de professores formados ou em formação nas áreas de Ciências para evitar ao que foi chamado de “apagão docente”. Para o Brasil este também é um problema a ser resolvido. O Plano Nacional de Educação (PNE) de 2001 reconhece que a carência de professores da área de Ciências prejudica a qualidade do ensino e também a manutenção e a expansão de escolas. As estimativas iniciais apontaram para uma necessidade de aproximadamente 250 mil professores nas escolas públicas brasileira, principalmente para as disciplinas de Física, Matemática, Química e Biologia (CASTRO, 2008; AMORIM, 2008).

No Brasil, a carência de docentes se associa à baixa escolaridade da população, aos altos índices de abandono no Ensino Médio e a discutível qualidade do ensino. Os dados sobre a formação dos professores em atuação no ensino público em nível nacional indicam variações regionais significativas. Os resultados gerais dessas pesquisas apontam para duas graves situações: 1) o país ainda tem um grande número de docentes sem diplomação alguma de curso superior (docentes leigos) atuando no ensino fundamental e 2) um contingente grande de professores que atuam fora da área em que receberam formação, principalmente no Ensino Médio (INEP, 2009).

Independente das particularidades da realidade educacional brasileira, na falta de professores há uma convergência de resultados com os outros países. A desvalorização da carreira docente, refletida em baixos salários e condições de trabalho não satisfatórias, que é apontada como principal fator que interfere na escolha da profissão, e na permanência dos professores nas escolas. Análises de tendências sobre as escolhas de cursos de graduação indicam, por exemplo, que jovens de classe A e B preferem outros cursos diferentes dos que encaminham para a licenciatura e que um atrativo para a carreira docente é a estabilidade de emprego no serviço público (IWASSO & VIEIRA, 2009).

As políticas públicas brasileiras de incentivo à docência assumiram como solução a de expansão do número de diplomados em licenciatura. Vários programas tentam aumentar o número de professores com curso superior para os próximos dez anos, por

exemplo, o programa de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), a criação de cursos de licenciatura nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnológica (IFETs) e a Universidade Aberta do Brasil (UAB), Programa de Iniciação à Docência, Pro-Docência, Observatório da Educação.

A valorização da carreira docente depende de políticas públicas que ultrapassam as questões acadêmicas relacionadas às pesquisas sobre formação de professores. Mas, independente da conjuntura política, há a necessidade de que sejam desenvolvidas propostas que contribuam para a formação em Ciência tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio, para que, desde o início da educação formal, a Ciência seja vista como atrativa e considerada importante, sendo valorizada como um conhecimento que permite explicar o mundo. Conquistar novos profissionais para a Ciência é uma missão que deve começar na escola, com propostas que sejam motivadoras.

Ao mesmo tempo, não pode ser ignorada a qualidade da formação dos docentes em atuação. Atualização continuada demanda estímulos específicos e estratégias adequadas capazes de mobilizar os professores e tornar o processo realmente contínuo e produtivo. Encontrar caminhos para manter o professor atualizado e superar deficiências na formação são desafios cuja complexidade é aumentada em função das políticas públicas vigentes que em pouco ou nada valorizam os esforços do docente na busca de formação continuada (FREITA & VILLANI, 2002).

8 O ENSINO DA CIÊNCIA E O EXERCÍCIO DA CIDADANIA

O que cada pessoa e a sociedade em geral esperam da Ciência é um tema muito interessante com várias nuances a serem exploradas. Muitas investigações se dedicam a organizar as informações sobre como a Ciência é percebida pelos diferentes grupos humanos. Uma sugestão de leitura é a obra organizada por WERTHEIN & CUNHA (2009), intitulada “Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas”. Nesse livro, vinte e cinco cientistas brasileiros, que se dedicam também a divulgação de CT, expõem os mais variados aspectos do ensino de Ciências.

Os textos legais na área de educação servem para formalizar padrões, estabelecer normas, direitos, deveres, registrar direções de atuação, compromissos com o que a sociedade aprova, estabelece quais são as aspirações e objetivos que devem ser entendidos como válidos. Uma das finalidades do Ensino Médio, expressa na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB; Lei 9.394/1996 de 20/12/1996), é permitir que a produção de bens e serviços (processos produtivos) seja compreendida sob o ponto de vista científico e tecnológico associando teoria e prática. A interpretação dessa finalidade é simples: o ensino das Ciências, de algum modo, deve aliar o conhecimento dos conceitos básicos de CT com o cotidiano, com a “prática”. Só assim, o que se espera que os concluintes do Ensino Médio demonstrem poderá ser atingido: “*domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna*” - artigo 36 da LDB (BRASIL, 1996).

Os “*Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*” (PCNEM) são a referência para construção de currículos. As ideias expostas nesse documento são muito gerais, por isso, embora não sejam um apoio direto para o professor planejar aulas, indicam claramente que rumos o ensino das Ciências deve tomar. A seleção de conteúdos deve ser direcionada para atualidades e aplicações de CT. As propostas de ensino devem priorizar métodos com participação ativa dos alunos em atividades práticas do tipo investigativas. A aprendizagem na área será avaliada pela capacidade de explicar o mundo e nele intervir através de conhecimentos provenientes da Ciência.

“A aprendizagem de concepções científicas atualizadas do mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas é finalidade da área, de forma a aproximar o educando do trabalho de investigação científica e tecnológica, como atividades institucionalizadas de produção de conhecimentos, bens e serviços. [...] Enfim, a aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade.”

PCNEM, Cap. I, Ciências da Natureza , Matemática e suas Tecnologias, p. 20
(BRASIL, 2001)]

A formação para a cidadania e o exercício da cidadania são elementos importantes nos textos legais sobre educação. Uma pesquisa rápida, usando a ferramenta busca do redator de texto, indica que o termo cidadania é usado 56 vezes no PCNEM, em 26 delas com a forma de expressão *exercício da cidadania*, destaco apenas as relacionadas diretamente com CT:

“O Ensino Médio no Brasil está mudando. A consolidação do Estado democrático, as novas tecnologias e as mudanças na produção de bens, serviços e conhecimentos exigem que a escola possibilite aos alunos integrarem-se ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho.” PCNEM, p.4

(BRASIL, 2005)

“Quando a LDB destaca as diretrizes curriculares específicas do Ensino Médio, ela se preocupa em apontar para um planejamento e desenvolvimento do currículo de forma orgânica, superando a organização por disciplinas estanques e revigorando a integração e articulação dos conhecimentos, num processo permanente de interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Essa proposta de organicidade está contida no Art.36, segundo o qual o currículo do Ensino Médio “destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania”. PCNEM, p. 17

(BRASIL, 2005)

“Art. 36. O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:

I - destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;”
PCNEM,33

(BRASIL, 2005)

Uma consideração interessante é apresentada por PALMA-FILHO (1998), pois o conceito “cidadania” é muito mais intuitivo do que explícito:

“Embora possamos questionar se há possibilidade de se educar para a cidadania, entendemos ser necessário, em caso afirmativo, explicitar de que cidadania se está falando. Todavia, a política brasileira nunca tratou dessas questões, a não ser de modo genérico.”

(PALMA-FILHO, 1998)

Na opinião de PALMA-FILHO (1998) educar sempre será para o exercício da cidadania, mas dependendo da definição de cidadania que for utilizada, a educação pode ter resultados bem diferentes:

“Seja como for, entendemos que a educação escolar sempre será a serviço de um determinado tipo de cidadania, e que é a pedra de toque do controle social e econômico. Pode significar conformismo e obediência, mas dependendo de como o processo educacional se desenrola na triangulação professor – aluno – conhecimento, pode também levar ao desenvolvimento intelectual e aumentar a compreensão do educando em relação ao meio natural ou socialmente criado onde vive, e, assim, atuar de modo não coercitivo, contribuindo para a formação de um indivíduo crítico/reflexivo.”

(PALMA-FILHO, 1998)

Conceituar cidadania depende do substrato político – ideológico de cada um e segundo TEIXEIRA, cada educador faz sua escolha em uma direção:

“Para nossa realidade, quando se fala em cidadania não há como escapar da opção que acaba sendo colocada para cada educador deste país: adotaremos uma idéia de cidadania de conteúdo político esvaziado, de caráter individualista, e estruturada em torno de um homem abstratamente concebido, o que, portanto, não implica a luta pela construção de uma sociedade mais igualitária; ou pelo contrário, como educadores da esquerda educacional, como bem observou McLaren (1998), assumiremos definitivamente, o compromisso com os processos educativos promotores da emancipação popular e da justiça social.”

(TEIXEIRA, 2003)

Outro ponto para discussão é a neutralidade da Ciência - ou de modo mais condizente com as opiniões atuais - o “mito da neutralidade da Ciência”. Aproximadamente até a primeira metade do século XX as pesquisas científicas e o ensino das Ciências

eram considerados isentos de influências ideológicas ou políticas. Essa visão mudou bastante. Hoje, todas as atividades relacionadas à Ciência (pesquisa, aplicação e ensino) como qualquer outro produto cultural humano dependem dos referenciais políticos e ideológicos. É importante frisar que a não-neutralidade das atividades científicas não atinge os métodos de obtenção dos conhecimentos, refere-se às escolhas humanas que podem ser feitas. SANTOS (2004) apresenta essa situação com clareza:

“... se antes se acreditava num ethos científico desinteressado, puro, seguro de si e de sua racionalidade, hoje, entretanto, são os interesses econômicos e políticos que conduzem a produção científica e tecnológica por meio do controle da natureza. Sendo uma construção humana fortemente associada a fatores sociais e políticos, podemos afirmar que não há neutralidade nos interesses científicos das instituições, nem dos grupos de pesquisa que promovem e interferem na produção do conhecimento. Contudo, essa não-neutralidade que a ciência adquire por estar inserida numa realidade social concreta não impede de vermos em seu interior, nos processos epistemológicos de seleção de teorias assentados nas observações dos fenômenos e nas inferências corretas a partir dessas observações uma neutralidade que, na terminologia adotada por Lacey e assumida neste trabalho denomina-se imparcialidade.”

(SANTOS,2004)

Seguindo os argumentos de PALMA-FILHO (1998), de TEIXEIRA (2003) e de SANTOS (2004), o ensino das Ciências e suas Tecnologias será necessariamente voltado para cidadania e corresponderá a uma escolha político-ideológica. As escolhas serão conscientes e direcionadas para um objetivo, ou serão apenas intuitivas e concordantes com a atuação do próprio professor como cidadão? Quanto poder tem a escolha de um assunto, um exemplo, um recurso, um método de abordagem ou a distribuição de horas que serão destinadas a cada tópico do programa? Essas são questões abertas para discussão.

9 CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Considerando as publicações mais recentes, GATT (2008, b) identifica uma mudança de interesse dos educadores em Ciência. Os modelos construtivistas saíram do centro das atenções e trabalhos destacando aspectos sociais da Ciência e cidadania são mais numerosos. A justificativa para essa tendência, segundo o autor, é a necessidade criada pelo impacto dos resultados de Ciência e Tecnologia sobre a sociedade. De modo muito rápido, nas últimas décadas, os cidadãos têm sido ‘atropelados’ por questões que envolvem aplicação de conhecimentos e tecnologias que solicitam manifestação de opinião favorável ou contrária, aprovação ou desaprovação. Um exemplo bem claro dessa situação é o cultivo de plantas transgênicas e as formas de comercialização e uso de seus produtos.

Na opinião de GATT (2008, b), a educação em Ciência atualmente ganhou outra função. Não basta apenas preparar o aluno com os conceitos básicos de Ciência, agora há que desenvolver a habilidade de detectar e compreender quais as implicações sociais dos produtos da Ciência. A educação em Ciência deve permitir ao cidadão compreender quais os prós e contras das aplicações tecnológicas derivadas das diferentes áreas e também reconhecer as questões éticas que surgem a partir das aplicações dos conhecimentos. Somente com uma compreensão mais plena de Ciência e Tecnologia, a escola pode formar cidadãos capazes de emitir opiniões esclarecidas e participar dos debates que se estabelecem sobre questões cotidianas relacionadas Ciência e Tecnologia.

A necessidade de alfabetização científica não é assunto novo, mas o grande número de aplicações de CT nos últimos trinta anos tornou esse tema urgente e fez com que recebesse destaque especial no ensino das áreas científicas que agora, de acordo com os PCNEM, são identificadas como Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Em língua inglesa, a expressão *scientific literacy*, abrange estudos sobre educação científica. Já na origem, o termo é de definição complexa, pois se aplica à uma diversidade muito grande de temas e abordagens.

Na língua portuguesa, o termo literacy pode ser traduzido como literacia, preferido pelos portugueses, letramento ou alfabetização, mais usado no Brasil. Porém, deve-se registrar que letramento e alfabetização nem sempre são considerados sinônimos. Como a terminologia da área ainda não está consolidada em português, significados diferentes são estabelecidos em alguns trabalhos. É o caso de SANTOS (2007) que informa utilizar o termo letramento somente para situações que se referem ao “uso social do conhecimento científico”.

SANTOS (2007) propõe que os usos dos termos alfabetização e letramento sejam empregados com os mesmos significados que têm em lingüística e educação. Assim, alfabetização corresponderia ao contexto mais restrito de conhecimentos mínimos (saber ler e escrever) e letramento seria empregado para níveis mais complexos de utilização de conhecimento (ser capaz de utilizar leitura e escrita como ferramentas para ações sociais). Em termos mais populares poderia ser as diferenças entre o alfabetizado e o letrado (culto), mas o autor exemplifica com a situação de alguém capaz de ler sem compreender, o que corresponderia ao analfabetismo funcional.

A proposta de usar dois termos com significados diferentes, não traz mais clareza, nem delimita de modo mais preciso a área que corresponde à “scientific literacy”. Acredito que o uso de literacia tenha vantagens porque evita risco de colaborar com a criação de sub-categorias de conceitos pouco informativos (como alfabetização e letramento) e também não permite que se valorize analogias errôneas com grande potencial de tornar as discussões nessa área mais confusas. Porém, o termo alfabetização científica é o mais utilizado e por isso será empregado nesse texto.

Se os conceitos forem usados de modo amplo, alfabetização científica e educação científica são termos equivalentes. As principais diferenças aparecem quando se restringe o termo “educação” para o ensino formal que ocorre nas escolas. Nesse caso, alfabetização científica pode acontecer também fora da escola, através da divulgação científica. Um cidadão pode receber informações sobre Ciência, em várias situações e através de diferentes mídias, especializadas ou não em transmitir informações sobre Ciência. As revistas, jornais, programas de TV e ferramentas de comunicação da internet, atendem de modo mais rápido os interesses e necessidades da população e por se-

rem muito ágeis na divulgação de informações podem contribuir para a alfabetização científica da população.

A escola, ao contrário, tem demonstrado pouca capacidade de acompanhar o desenvolvimento da Ciência nas suas várias áreas. Os programas escolares não têm a versatilidade necessária para atender às demandas que surgem associadas a fatos ou situações específicas que despertam interesse da população. Os planejamentos, necessários ao desenvolvimento do ensino formal, são apontados como um dos fatores que mais dificultam o atendimento às necessidades inesperadas. A inclusão de temas novos implica, na maioria das vezes, em exclusão de assuntos previamente selecionados e que fazem parte de um programa tradicionalmente ministrado. Criar espaços para apresentar e discutir assuntos ‘novidades’ ou ‘tópicos fora do planejamento’ é uma tarefa difícil para os professores.

No Ensino Médio, os docentes se sentem pressionados pela existência de um programa geralmente descrito como extenso. A cobrança pela falta de sintonia entre o que acontece no mundo e o que é apresentado na escola, embora atinja diretamente o professor, dificilmente será resolvida na sala de aula. Os programas de ensino escapam da esfera de decisão individual e, reconhecidamente, as todas as disciplinas da área de Ciências, tem sérios problemas em relação aos conteúdos.

Para ANGOTTI (pesd) a Ciência que se ensina nas escolas, principalmente a Física, em termos de informação, corresponde ao final do século passado. O conhecimento biológico tem características diferentes e ao menos alguns tópicos atuais são abordados, mas sem compor em conjunto um programa que possa ser qualificado como contemporâneo. A ausência de temas atuais nos programas (por exemplo, clonagem de organismos, células troncos, organismos transgênicos, transplantes de órgãos) compromete as discussões sobre CT que os referenciais teóricos (Ex.: PCNEM e PCN+) tanto valorizam.

A velocidade com que novos conhecimentos surgem em todos os ramos da Ciência é grande. Também é com muita rapidez que as tecnologias derivadas do conhecimento científico são produzidas e apresentadas para a sociedade. Uma parte significativa dos assuntos que aparecem em destaque na mídia, não fez parte da formação dos docentes.

Temas como biotecnologia, nanotecnologia, genômica eram fronteira do conhecimento biológico no início desse século, hoje são encontrados nas mais diversas formas de aplicação, especialmente nas áreas de saúde e produção de alimentos.

À medida que os conhecimentos avançam, a Ciência vai se tornando cada vez mais interdisciplinar. Informações das áreas de Física, Química e Biologia se somam em tecnologias complexas e com usos variados. São exemplos típicos dessa situação o desenvolvimento das diferentes formas de diagnósticos por imagem, as terapias para combate ao câncer e a produção de organismos transgênicos.

Entender como funcionam os produtos tecnológicos contemporâneos, ser capaz de decidir de modo responsável sobre a forma de utilização de serviços e produtos derivados dessas tecnologias, envolve conhecimentos provenientes de vários ramos Ciência. A constatação de que a compreensão do nosso mundo exige informações integradas criou uma nova missão para o ensino das Ciências: ser interdisciplinar.

A necessidade de decidir quais, como, quando e o quanto os produtos de CT podem ser empregados impõe ao ensino das Ciências uma outra dimensão: além de informar sobre os conceitos gerais e básicos da área, também deve incluir o estudo das suas aplicações na sociedade.

A necessidade de integrar conhecimentos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) inicia no século passado, mais notavelmente na década de 70, junto com a preocupação com a degradação ambiental provocada pelas atividades agrícolas e industriais. A designação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) também é comum e deve-se ao fato das primeiras apresentações de programas de ensino alicerçados em CTS terem uma grande preocupação com as questões de preservação ambiental.

Interdisciplinar, contextualizado e com uma temática muito variada que se expande a cada ano à medida que CT continuam se desenvolvendo, esse é o novo ensino das Ciências. Caberia aos professores que atuam nessas áreas fazer a seleção de assuntos, estabelecer e destacar os pontos de interseção entre os diferentes ramos do conhecimento e abordar as implicações sociais desses conhecimentos. Essas são as expectativas da sociedade em relação à educação em Ciências.

Por maior que seja o esforço das escolas, não haverá alteração de currículo, renovação de programa ou adequação de metodologias e recursos que correspondam ao que se espera para a educação científica. Para os objetivos da formação em Ciências serem atingidos, deve haver uma mudança no modelo até então utilizado. A escola não poderá ser a única fonte de informação e educação em Ciência. KRASILCHIK e MARRANDINO (2004) expõem essa situação de modo muito claro: a alfabetização científica é obtida através de conhecimentos básicos desenvolvidos na escola, mas não há como a escola suprir toda a informação necessária. As informações essenciais para a compreen-

são geral de fatos e fenômenos devem fazer parte dos programas escolares. Conceitos gerais como o que é um vírus, quais são as formas de contágio e quais as formas eficientes de prevenção são base para a compreensão de informações específicas sobre situações concretas que podem ocorrer. As informações específicas, o detalhamento sobre um tema importante em determinado momento, devem ser veiculadas pelo sistema não formal de educação - museus, mídia especializada em divulgação de Ciências, campanhas especiais. Não é viável que o sistema formal de ensino altere programas e planejamentos de modo rápido para atender demandas de informação que se fazem necessárias de modo inesperado. Para situações tais como um risco de epidemia, um acidente ambiental em destaque na mídia ou um problema regional, caberia aos sistemas de divulgação de CT difundir informações, fomentar discussões na população como um todo.

A educação em Ciência obtida pelo cidadão durante a formação escolar básica deveria ser suficiente para que, em momentos como os exemplificados, as informações novas fossem recebidas e compreendidas dentro de um arcabouço sólido de conceitos básicos.

Considerando que os veículos de divulgação de informação científica não trabalham com os conceitos básicos que permitem a compreensão das novidades ou das especificidades que apresentam, efetivamente só terão acesso à divulgação os indivíduos que, tendo as informações básicas, conseguem 'aproveitar' as informações novas. Fecha-se um círculo de dependência: só aproveita a divulgação de CT quem tem as informações mínimas para compreender o que é novo. Sendo assim, a divulgação de CT só faz sentido quando os conceitos básicos de CT foram previamente apresentados (SABATTINI, 2004).

Chega-se a conclusão de que a escola deve se dedicar a desenvolver programas que contemplem os conceitos essenciais, permitam o desenvolvimento de habilidades e a compreensão dos métodos de produção do conhecimento científico. Com esse programa ideal, cada cidadão com escolaridade básica seria capaz de interpretar a exposição contínua de informações adicionais específicas para as situações e problemas do seu cotidiano.

É necessário definir quais conceitos, habilidades e informações devem compor o conjunto necessário para a alfabetização científica. Porém, como é de se esperar, há opiniões variadas quanto ao que seja um programa básico para o ensino das Ciências, que corresponda às necessidades de compreensão das informações disseminadas através de veículos de divulgação, SABATTINI, por exemplo, destaca que

“Para efetuar uma mudança neste panorama educativo é necessário adotar propostas curriculares diferenciadas, que especifiquem os objetivos de aprendizagem claramente e que capacitem para a participação no mundo da ciência, para toda vida. Os conteúdos dos cursos deveriam refletir tanto os aspectos técnicos como as dimensões humanas da ciência; estes conteúdos devem acompanhar-se de materiais educativos que tratem as ramificações de maneira transversal e não só em capítulos superficiais ou anexos que possam facilmente ser ignorados.”

(SABATTINI, 2004)

A proposição de programas é uma questão controversa, mas em termos de necessidades reais, delimitações teóricas vagas não se transformam em planejamentos de aulas. Não é suficiente indicar que os conceitos que auxiliam na alfabetização científica são aqueles que fazem parte dos conhecimentos científicos e tecnológicos que precisamos no cotidiano (CHASSOT, 2003).

Alfabetização em Ciência e Tecnologia (Literacy in Science and Technology) é fundamental para a sociedade moderna dependente de tecnologias complexas e, em termos políticos, significa “direito à democracia”, uma vez que a base de uma sociedade democrática é a participação dos cidadãos e parte significativa das questões que demandam decisões e regulamentações na sociedade moderna envolvem temas de Ciência e Tecnologia. (MICHAELIDES & MILTIADIS, 2008)

Para Costa (2008), também é uma questão política aumentar o nível de alfabetização científica da população, reflete diretamente sobre a qualidade de vida, tem efeitos de longa duração é uma forma pró-ativa de facilitar a inclusão social em sociedades menos desenvolvidas.

Não é consenso que seja preciso avançar mais na direção de discutir quais são os conceitos propriamente ditos que devem ser trabalhados como fundamentais para a alfabetização científica. Morris Shamos é um dos representantes mais notáveis da idéia de que a alfabetização científica pode ser inviável. Um dos principais argumentos é que o fato de não saber como algo funciona, não impede a utilização desse recurso e isso é suficiente para tornar a alfabetização científica desnecessária, uma vez que os indivíduos não se sentirão impelidos a buscar informações sobre produtos, bens, serviços que conseguem usar com competência (SHAMOS, 1995).

Apesar das opiniões divergentes, o quanto uma população sabe e se interessa por CT, ou seja, nível de alfabetização científica da população está associado com o nível econômico, com a capacidade de utilizar bens e serviços e de se envolver em debates e decisões sobre aplicações de CT. O programa "Ciência para todos" da *Organização das*

Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), criado em 1983 assume que a alfabetização científica deve ser um processo continuado, considerando-se a evolução de CT ao longo do tempo, assim sendo, as informações sobre CT deveriam fazer parte do cotidiano cultural de cada cidadão, junto com esporte, arte e entretenimento. Para que isso ocorra, a divulgação de CT tem que ser ampliada, o que só ocorrerá se for mais valorizada no ambiente acadêmico.

10 AULAS PRÁTICAS

Quando as aulas práticas começaram a desaparecer? Por que não existem ou são tão poucas? O desenvolvimento de CT, com a expansão dos currículos teria provocado isso? Essas são questões para resgate de memórias. Ao longo dos anos tenho perguntado aos meus alunos quais as foram as aulas práticas do Ensino Médio. Nenhuma tem sido a resposta mais comum.

O fato é que a tradição de aulas práticas não existe mais. Pode-se falar em tradição, pois, até a primeira metade do século passado, pelo menos as escolas maiores tinham uma sala destinada ao ensino de Ciências, em geral um laboratório didático equipado e ambientado dentro da tradição naturalista.

No cenário atual as atividades práticas envolvendo manipulação de equipamentos, materiais e amostras estão na lista de “inovadoras”. O professor, quando propõe uma atividade que não seja aula teórica expositiva ou um exercício associado à leitura do livro didático, torna-se inovador. Assim, são qualificados os planejamentos com apresentação de vídeos, filmes, pesquisas na internet, jogos, dramatizações, debates, apresentações de seminários; saídas de campo; visitas; produção de modelos, entrevistas. Chama a atenção, porém, que nas apresentações de aulas inovadoras no ensino de Biologia, pouco tenha efetivamente de “aula prática”, considerando-se a definição mais tradicional: atividades com uso de equipamentos ou materiais que serão manuseados pelos alunos, que podem ser descritas pelo termo “hands-on”.

É fácil justificar porque aulas práticas que envolvem atividades de laboratório ou experimentos não têm muito destaque no rol dos planejamentos inovadores. Basta lembrar que na maioria das escolas não existem laboratórios para aulas das áreas de Ciências, sob forma de salas específicas para Biologia, Química ou Física. Em várias não há sequer um ambiente compartilhado pelas diferentes áreas que cumpra função de laboratório, seja porque a escola foi projetada sem esse espaço; seja porque ficou inativo foi transformado para cumprir outras funções. Representando a melhor das situações, em

algumas escolas mais antigas ou nas quais houve uma adaptação recente, em geral providenciada pelos professores, encontra-se uma sala com a denominação de laboratório. Esse espaço, em geral é subutilizado por não ter condições de funcionamento pleno, devido a carências variadas, incluindo-se na lista a falta de equipamentos, de material de consumo, bem como de recursos humanos para manter e por em funcionamento as atividades práticas.

O Portal do Professor (MEC) possui um acervo de sugestões de aulas no qual poucas são baseadas em atividades práticas. Aparecem em grande número outras metodologias e recursos citados como inovadores – as que possuem menor número de entraves para execução, dependem de poucos equipamentos e são de planejamento mais simples.

A comparação entre as aulas com recursos de internet, em laboratório de informática, e aulas com equipamentos e materiais no laboratório de Biologia é interessante. As escolas foram equipadas com computadores, para fazer frente à necessidade de manutenção e viabilizar o uso desses laboratórios, os governos estaduais contrataram técnicos da área de informática. Pode-se dizer que hoje o professor encontra uma situação mais favorável para utilizar recursos de informática em seus planejamentos do que aulas práticas de Biologia.

Até na solicitação de atividades extraclasse os planejamentos com recursos de internet tem maior exequibilidade. De algum modo essa solicitação será atendida, uma vez que boa parte dos alunos no Ensino Médio, além do acesso ao laboratório de computação da escola, também faz uso da internet fora da escola (seja no domicílio, seja em pontos comerciais com acesso pago). A grande limitação ao uso desses recursos de computador e internet para o ensino ainda é a pouca familiaridade dos professores com as ferramentas de informática.

Ao contrário, o planejamento de uma atividade de Biologia como prática extraclasse demandará uma seleção rigorosa de materiais que não tenham custo elevado e sejam de fácil obtenção. A execução também não poderá depender de equipamentos especiais e de ser simples o suficiente para ser conduzida sem auxílio do professor. As mesmas restrições o professor encontrará para o planejamento de uma aula prática durante o período de aulas. Nada será mais fácil caso não tenha laboratório ou este esteja mal equipado. Em qualquer das situações o professor não contará com auxílio técnico, será o único responsável pela execução da atividade.

No trabalho de BUENO & KOVALICZN (pesd), *“Falta de tempo para a realização das atividades experimentais, indisciplina dos alunos, precariedade de materiais, falta de espaço e também de recursos humanos apropriados”* são as principais dificuldades que um professor de Ciências enfrenta na Rede Pública de Ensino do Paraná para realizar aulas práticas em três turmas de sétima série (oitavo ano) com um total de 105 alunos. As situações que as autoras descrevem podem ser consideradas “padrão”, correspondem ao que se encontraria com outros professores, em outras escolas.

Dentre as metodologias que já têm espaço garantido nos planejamentos, considerando-se as propostas de aulas apresentadas no Portal do Professor – MEC, a que mais se destaca é a exibição de vídeos. Sem exigir treinamentos específicos, como o caso do uso de recursos de informática, se a escola tem condições para exibir vídeos, à medida que os acervos vão sendo constituídos, nada mais impede que a execução de aulas com apresentação de filmes ou vídeos entre na rotina do ensino.

Não se trata de fazer crítica ao uso desses recursos, apenas destacar que as aulas práticas deveriam, mesmo que de modo mínimo, estar incluídas nos planejamentos, ter seu espaço reservado no desenvolvimento dos diferentes conteúdos, nem que fosse para garantir a preservação da variabilidade de propostas de métodos e recursos que permite a quebra da monotonia. De acordo com a proposta de LABURÚ e colaboradores (2003) o pluralismo no uso de recursos e metodologias é a melhor escolha porque respeita diversidade de habilidades, gostos e tendências que existem em uma turma.

Para discussão ficam as questões: Como conciliar a maior facilidade do uso de TIC, como Internet, simulações, animações e vídeos com a execução de aulas práticas? Um vídeo que apresenta uma atividade corresponde em termos de oportunidade de aprendizado à execução da atividade? Nesse caso, acesso ao YOUTUBE poderia substituir os laboratórios de ensino? As atividades “híbridas” com uso de internet e desenvolvimento de atividades práticas são úteis?

Para essas discussões servirão de apoio os seguintes recursos:

- Texto “Aplicação de uma webquest associada a atividades práticas e a avaliação de seus efeitos na motivação dos alunos no ensino de biologia” (CARLAN e cols, 2010)

- Vídeo mostrando como se faz a construção de uma microscópio (PIBID-BIOLOGIA, UFSM, 2011)

Assim como existe “cultura escolar” e “ciência escolar”, deve existir as ‘práticas escolares’. Conjunto de atividades típicas para execução na educação básica, que se

caracterizam pela simplicidade de execução e pela grande capacidade de demonstrar fenômenos e/ou de promover atividades experimentais a partir de observações iniciais. São as atividades eleitas pelos professores, executadas a cada ano porque trazem um retorno positivo.

Onde essas práticas estão registradas? Os livros textos trazem informações para a realização dessas atividades? Questões desse tipo passam a ser importantes quando há uma aula para planejar e provavelmente só ocorrerão durante as atividades de estágio nas escolas.

A importância de reunir e divulgar aulas práticas típicas do ensino escolar são reconhecidas e deram origem às “experimentotecas” que podem assumir características de acervos de planejamentos ou, de modo mais completo, além de textos com informações sobre atividades práticas fornecem o material para a execução da atividades.

A formação de acervos é cada vez mais necessária, pois à medida que as aulas práticas foram desaparecendo das escolas, a tradição de quais eram essas aulas e de como eram realizadas foi ficando restrita a poucos professores. Em uma escola onde não ocorrem aulas práticas, os novos professores irão instalar uma nova cartela de aulas práticas? Qual a probabilidade disso acontecer? Quando se fala de tradição de aulas práticas não se defende a eleição de um menu fechado, mas de uma seleção de títulos e temas sobre os quais o professor tem domínio para planejamento e realização. Isso não significa a imutabilidade, quais atividades serão executadas é produto da escolha dirigida pelo professor para as peculiaridades de cada situação de turma.

10.1 Aulas práticas: definições e classificações

Ainda que as atividades de laboratório, que constituem a formação básica dos Biólogos, sejam muito diversificadas, o termo ‘aula prática’ está fortemente associado a dois elementos: avental e microscópio. Quando o termo é aplicado para o contexto da educação básica não há uma referência clara do que se está mencionando. Antes de organizar as análises de aulas com atividades práticas é necessário estabelecer algumas diferenças mínimas entre os vários tipos de apresentação - ou formatos - que uma atividade dita ‘prática’ pode ter.

Cada área da Ciência (Biologia, Física e Química) possui um elenco de atividades práticas que podem ser consideradas tradicionais. São atividades associadas aos princípios básicos, aos conceitos fundamentais, aos métodos e técnicas de pesquisa des-

sas áreas de conhecimento. Desde o século XIX, algumas dessas atividades têm sido executadas ou recomendadas para aplicação em ambiente escolar (CAVICCHI, 2006).

Na área de Biologia, podemos reconhecer um elenco de práticas que são realizadas, com poucas variações, desde o início do ensino da História Natural.

As práticas mais simples são baseadas em observação macroscópica ou microscópica, seguida pelo registro do que foi observado, através de descrições detalhadas, desenhos ou fotografias. São exemplos típicos dessas práticas: observações e comparações de órgãos vegetais, em especial flores e folhas; coletas e organizações de plantas e animais em coleções (herbários e insetários). Nesse texto, práticas que sigam esse modelo tradicional, alicerçado em observação e registro, são denominadas de *'práticas naturalistas'* - mesmo que estejam relacionadas a temas mais contemporâneos ou utilizem equipamentos modernos.

Mais do que o conteúdo ou o tema sobre o qual a atividade é desenvolvida, o que vamos usar para caracterizar uma atividade como *'prática naturalista'* é a presença de observação e descrição. Tais práticas têm aplicação usual no ensino da biodiversidade nas áreas de botânica e zoologia. Trata-se, nesse caso, de trazer a natureza para a sala de aula, permitir a observação do material concreto e compará-lo com as descrições e figuras presentes nos livros.

Um segundo grupo de práticas é constituído quando o objetivo da atividade envolve comparações entre duas ou mais condições. Ainda que possuam as características mínimas de atividade experimental, essas práticas assumem, na maioria das vezes, um caráter ilustrativo na apresentação de conceitos ou teorias. Nesse texto, atividades práticas que utilizam comparações simples são denominadas de *'práticas demonstrativas'* e alguns exemplos clássicos em biologia são: observação do processo de germinação em diferentes condições de umidade e iluminação; efeito da presença de soluções ácidas sobre estruturas formadas por carbonato de cálcio (a imersão de osso ou ovo de galinha em copo com vinagre ou, em um modelo mais recente, em refrigerante); a observação dos efeitos de um pedaço de abacaxi sobre um bloco de gelatina ou pedaço de carne; a coloração de flores brancas através da imersão dos caules em corantes.

As *'práticas demonstrativas'* também são tradicionais no ensino de Biologia e incluem as atividades com roteiros lineares que levam à obtenção de um resultado previamente conhecido. São principalmente atividades destinadas a ilustrar conceitos básicos, mas podem ser organizadas de modo experimental, utilizando comparações de tratamentos. Nos melhores exemplos desse tipo de atividade, as etapas de execução são

acompanhadas de solicitação de registro de resultados para posterior interpretação. A finalização dessas práticas, em geral, são perguntas cujas respostas levam à revisão das informações teóricas ministradas previamente. Nesses casos, os questionamentos podem ser resolvidos de modo direto, através de pesquisa no livro texto. O grande valor das *‘práticas demonstrativas’* está em apresentar as afirmações estabelecidas nos livros como fatos concretos que podem ser verificados.

Difícilmente as *‘práticas demonstrativas’* constituem momentos desafiadores ou desencadeadores de novas questões, pois são adaptadas para permitir que se chegue ao resultado previsto com a maior segurança possível. Se bem conduzidas, as demonstrações podem ser exemplos simplificados de métodos de investigação, desde a coleta e registro de dados até a análise de resultados.

Um terceiro grupo de atividades práticas se caracteriza pela natureza essencialmente experimental. Nas *‘práticas experimentais’* a pesquisa será realmente posta em ação. Os resultados não são exatamente previsíveis, ainda que possam ser supostos de acordo com as teorias e conceitos gerais da área. Nas condições atuais de ensino básico, as *‘práticas experimentais’* são as mais difíceis de implementar e ficam restritas à momentos e situações muito especiais, em geral associada a atividades extraclasse. As Feiras de Ciências são exemplos típicos de situações em que essas práticas são executadas.

Por não serem meras demonstrações, as *‘práticas experimentais’* estão sujeitas a resultados negativos ou resultados inesperados que não se ajustam às teorias em estudo e podem requerer várias execuções para chegar à obtenção de resultados confiáveis. Se não forem bem organizadas e conduzidas, com rigor e método, podem ser muito frustrantes e inconclusivas. Porém, essa é a única forma de atividade prática que permite aos participantes vivenciar a experiência de produzir conhecimento científico em suas diferentes etapas.

10.2 A importância das atividades práticas

Dentre as estratégias indicadas para o desenvolvimento dos conteúdos de Biologia nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), a experimentação tem lugar de destaque:

“A experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a idéia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As ativida-

des experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. As questões propostas devem propiciar oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido. Os caminhos podem ser diversos, e a liberdade para descobri-los é uma forte aliada na construção do conhecimento individual. As habilidades necessárias para que se desenvolva o espírito investigativo nos alunos não estão associadas a laboratórios modernos, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aula, com materiais do dia-a-dia, levam a descobertas importantes.”

(PCN+ - Ciências da Natureza e Matemática, p.55)

São muitos os trabalhos de investigação dedicados aos vários aspectos e problemas associados às atividades práticas: opinião dos professores (GALLIAZI e cols., 2001), efeitos sobre o interesse dos alunos (QUEVEDO-JESUS e cols., 2007; HOLSTERMANN e cols., 2009); mudanças necessárias para atingir os objetivos da formação em Ciência necessária na atualidade (GIL-PEREZ e cols., 1999); compreensão dos fatores limitantes para execução e sucesso das aulas práticas (POSSOBOM e cols., pesd); estudos e propostas para formação de docentes (VASCONCELO e cols., pesd.), avaliações das condições para realização de atividades práticas nas escolas (AXT & MOREIRA, 1991; TRIGELLO & PEGORARO, pesd); a estrutura e função das atividades práticas nas teorias de aprendizagem (ARRUDA & LABURÚ, 1998; MORAES, 1998).

É comum, nos trabalhos sobre atividades práticas, o destaque sobre a importância desse recurso para o ensino estar associado ao reconhecimento de que é muito pouco utilizado. Uma forma de incentivar as aulas práticas é facilitar o processo de planejamento. As “experimentotecas”, que cumprem essa função, há décadas, como depósitos concretos de material, agora, podem se tornar depósitos virtuais, mais dinâmicos e de grande alcance. Porém, o que se observa ao navegar em portais dedicados ao ensino - como o Portal do Professor (MEC/BRASIL) - é uma grande diversidade de aulas teóricas. Cabe nesse momento refletir sobre a pouca representação das aulas práticas nos portais e porque as “experimentotecas” não migraram para a rede.

11 AS ADAPTAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AS ATIVIDADES PRÁTICAS DE ENSINO MÉDIO

As práticas escolares diferem das práticas do ensino superior em relação à linguagem, aos objetivos e formas de desenvolvimento, aos recursos e tempo em que são executadas. De modo muito peculiar os planejamentos na escola se realizam através de “manuais não escritos”, doutrinas orais compartilhadas pela equipe envolvida ou, simplesmente, “bons senso” pautam as escolhas na hora do planejamento. Como incluir as aulas práticas na tradição de uma escola?

O desenvolvimento das aulas práticas no ensino de Biologia enfrenta os obstáculos de infraestrutura e de gerenciamento de pessoal, criados pelas políticas públicas. Os padrões atuais de recursos materiais e humanos, destinados ao ensino público nas escolas estaduais, em nada favorecem esse tipo de atividade. A formação docente inicial não tem poder de modificar questões que dependem de políticas de Estado, mas pode habilitar melhor o futuro docente para uma atuação capaz de superar algumas dificuldades que existem e são, reconhecidamente, dependentes dos professores. Uma dessas dificuldades é o preparo inadequado para ministrar aulas práticas no Ensino Médio que, em sua natureza e objetivos, são muito diferentes das aulas práticas do Ensino Superior.

A formação de um graduando em Ciências Biológicas envolve aulas práticas em várias disciplinas, que não podem ser dispensadas ou assumir características de treinamento para aulas práticas de ensino médio sem que a formação profissional fique comprometida. É comum os concluintes da licenciatura questionarem porque não aprendem aulas práticas para o Ensino Médio. Sob a pressão e a insegurança de quem começa uma

atividade profissional, a idéia de que o professor deve aprender o que vai ensinar pode parecer sedutora e confortante. Concordar com essa idéia é desconsiderar que a formação de biólogos, licenciados ou bacharéis, deve permitir uma visão ampla e sólida das diferentes áreas do conhecimento biológico e que somente através de atividades práticas, específicas de cada área, se obtém uma boa formação profissional.

Conhecer e utilizar de modo competente os equipamentos, os métodos e as técnicas das principais áreas das Ciências Biológicas e receber iniciação científica é o que se espera para a formação de bons biólogos. Todo esse treinamento, porém, não pode ser simplesmente transferido de modo direto para o ambiente de Ensino Médio. As práticas cursadas durante a graduação, permitem o treinamento específico em uma área de conhecimento e, ao mesmo tempo, desenvolvem habilidades mais gerais em relação ao uso de métodos, à proposição e ao delineamento de experimentos e à aplicação de técnicas. É verdade que, na maioria das vezes, o treinamento específico não terá aplicação direta nas aulas de Ensino Médio. As técnicas e métodos típicos da graduação não estão adaptados aos recursos disponíveis nas escolas, nem ao contexto de necessidade de professores e alunos desse nível de ensino, mas facilitam, não só as tarefas de tradução e transposição de informações para a linguagem do Ensino Médio, mas, também, a divulgação de CT.

As diferentes habilidades, o gosto pela literatura, a facilidade de redação têm comandado a formação dos divulgadores da Ciência. Porém, mais que em qualquer outra época, a necessidade de divulgação de informações científicas é grande, reconhecida como urgente e com poucos profissionais dedicados a esse ramo. No Anexo D, o desafio de desenvolv aulas práticas mais complexas que tenham papel significativo para a divulgação de CT é apresentado como uma das atividades do curso de formação docente.

Caberá ao professor responder dúvidas, explicar as novidades da Ciência, produzir o material didático necessário para amparar suas explicações? A resposta é sim. Essa é uma das missões do professor, ensinar as Ciências e suas aplicações. É o professor o agente mais qualificado para essa tarefa? Sim, se tiver uma formação sólida em sua área de conhecimento, será o profissional que com maior probabilidade terá aliado conhecimentos científicos específicos com a experiência para uso de linguagem adequada ao público alvo.

Produzir adaptações de materiais para uso em laboratório e atividades práticas, textos explicativos para divulgação de Ciência e Tecnologia ou técnicas e protocolos

para execução em ambiente de Educação Básica são tarefas pertinentes ao docente. O professor deveria ser também um produtor de recursos didáticos para atualização constante do ensino. Em relação às atividades práticas, as necessidades ultrapassam a produção de textos, figuras ou esquemas adaptados para o Ensino Médio. Há uma grande área pouco explorada, mas promissora - principalmente em interações entre disciplinas - que é a construção de equipamentos.

Por que utilizar equipamentos construídos na escola? A resposta de MICHAELIDES e MILTIADES (2008) é simples: equipamentos complexos e sofisticados realizam medidas acuradas, porém inibem as atividades criativas e convertem o experimento em um processo de demonstração, no qual o estudante observa os resultados emitidos pelo aparato sem compreender como foram gerados. Essa situação é combinada com a atitude geral de obter os resultados dos experimentos em vez de investigar uma situação de fenômeno natural.

Outras vantagens inerentes à construção total ou parcial do equipamento a ser usado nas aulas experimentais são: propiciar as situações de questionamento e o processo de planejamento de experimentos; eliminar a sensação de “caixa preta” associada ao uso de equipamentos de alta tecnologia; tornar clara a diferença entre observação de dados e interpretação de dados. Além das vantagens no desenvolvimento cognitivo, há também o fato de que nas situações de criação é possível atingir dimensões de desenvolvimento emocional com o “prazer da criação”. (MICHAELIDES & MILTIADES, 2008)

As experiências de MICHAELIDES e MILTIADIS (2008) com atividades de construção de equipamentos em cursos de graduação são relatadas como estimulantes. A maioria dos alunos se manifesta de modo favorável e a importância de ‘aprender a fazer’ e a realização de ‘construir’ são respostas frequentes. Os autores, porém, alertam para o fato de que alguns alunos não se adaptam a esse modelo de trabalho. Ao que tudo indica, a principal desvantagem dessa metodologia - motivo para ser rejeitada por alguns - é a demora na execução. Dependendo do perfil de habilidades manuais e interesses dos alunos, as atividades de construção podem ser consideradas como perda de tempo em produzir o que já existe.

Na maioria das vezes, o que desencadeia o desenvolvimento de material inovador ou alternativo é a imensa carência de recursos nas escolas. Para as atividades práticas, o desenvolvimento de adaptações de baixo custo, além de permitir executar maior número de atividades com menos recursos, também incentiva o uso criativo de materi-

ais. Porém, AXT e MOREIRA (1991) apontam uma questão importante: as soluções locais com usos criativos e inovadores de materiais para superar a falta de recursos não podem criar uma atitude de aceitação ou de conformismo com as poucas verbas destinadas às aulas. Os autores reforçam a idéia de que pode e deve haver um equilíbrio: se algumas inovações podem ser feitas através de ações criativas, por outro lado, há um mínimo de equipamentos que deve ser garantido para que a qualidade do ensino não seja comprometida.

A preocupação com a qualidade das atividades práticas impõe limites à produção local de equipamentos. Para ser útil no ensino de Ciências o material construído deve atender a alguns requisitos básicos: ser simples; garantir segurança; permitir o desafio de propor soluções; resultar em produtos com acurácia suficiente para realizar experimentos corretos e “calibráveis” através da comparação com resultados de equipamentos de laboratório.

12 POR QUE AS ATIVIDADES PRÁTICAS NÃO SÃO COMUNS?

A carência de transposição didática em relação às atividades práticas é apenas um dos problemas para o uso desse recurso. Mesmo as práticas mais tradicionais, de fácil execução, e há décadas adaptadas às condições do ensino, estão em situação de abandono – não são mais realizadas ou diminuíram em frequência.

Mesmo sendo extremamente valorizadas desde o final de século XIX como importantes para o ensino das Ciências e sem enfrentar nenhuma oposição em qualquer tendência pedagógica, as aulas práticas não fazem parte do cotidiano da maioria das escolas.

Paradoxalmente, a grande importância conferida às aulas práticas não corresponde com a pouca utilização. O cenário pode ser descrito como “universal”, pesquisadores de países muito diferentes relatam o mesmo tipo de situação: o ensino da Ciência é predominantemente teórico e os principais recursos utilizados pelo professor são aula expositiva e texto. Em uma ampla pesquisa realizada com alunos do oitavo grau (EUA), 41% da amostra relatou que raramente participavam de aulas práticas (National Science Board, 1991).

Seja por dúvidas, ausência de recursos ou formação limitada os professores não se sentem preparados, nem em termos conceituais (teóricos), nem em termos de instrumentalização (métodos e técnicas), para o desenvolvimento de atividades práticas. Essas dúvidas e deficiências associadas com uma grande dependência em relação aos livros textos tornam os professores muito relutantes em desenvolver atividades de ensino do tipo “hands-on”. Esse conjunto de explicações também se aplica a realidades bem diferentes. Descreve que se observa no Brasil, mas é uma constatação de pesquisa realizada com professores norte-americanos (National Science Board, 1991.)

A disparidade entre a quantidade de aulas teóricas e práticas é muito antiga. As idéias contemporâneas sobre ensino de Ciências começaram a ser construídas no século

XIX. A valorização das experiências concretas, a aproximação entre o que se ensinava na escola e vivência dos alunos, que foram marcos importantes da proposta de Pestalozzi, ainda podem ser consideradas metas desafiadoras para o ensino de Ciências.

As ideias de Pestalozzi, iniciaram uma grande mudança de concepção sobre como ensinar. A autoridade do professor e dos livros e as metodologias de ensino “recitativas” devem ceder espaço para a observação e para as atividades práticas. No ensino das Ciências, a utilização de ferramentas, a manipulação de amostras, o ensino através de demonstrações e experimentos passam a ser valorizados e altamente desejáveis.

A nova concepção foi denominada “The Object Teaching Revolution” e começou a ser difundida na América do Norte principalmente depois de 1860 (Rillero, 1993). O livro deixa de ser o único apoio para o ensino, as viagens, as saídas de campo, os experimentos e demonstrações, as coleções passam a ter reconhecimento como ferramentas importantes para o ensino.

No final do Século XIX o Comitê de Física, Química e Astronomia norteamericano recomendava que o estudo dos fenômenos naturais simples fosse introduzido na escola elementar e que o método preferencial fosse através de atividades práticas conduzidas realizadas pelos alunos, pois embora os livros fossem importantes o estudo dos fenômenos através do contato direto não devia ser negligenciado (HAURY e RILLERO, 1994).

Porém, a antiguidade da idéia e o entusiasmo dos proponentes não garantiram implantação. Nas décadas de 1960-70 as reformas de ensino que eram propostas em vários países recomendavam que o ensino de ciências devia ser menos “textual” e baseado em vocabulário para ser estruturado em atividades, invenções e projetos. No Brasil também historicamente as reformas de ensino indicam a necessidade de mais experimentação nas aulas de Ciências e, mesmo assim, tem sempre prevalecido o ensino livoresco. A importância das atividades experimentais é reconhecida, mas uma fração pequena de professores pratica essa modalidade de ensino e quando o faz, não explora toda a potencialidade do método (AXT e MOREIRA, 1991)

O papel do livro didático sobre as aulas práticas é controverso. AXT e MOREIRA (1991) consideram que, sendo o ensino atual ancorado em livros didáticos que determinam o método de ensino e a sequência de conteúdos, para um ensino que incluía atividades experimentais propostas novas de livros didáticos que integrem experimentos aos conteúdos teóricos seriam necessárias. Esses mesmos autores, porém argumentam

que as mudanças desejadas só ocorrerão na medida em que os professores forem minimamente qualificados para implementar as inovações em suas salas de aula:

“Isso porque, no fundo, a pouca qualificação dos professores é a mais séria limitação que imposta ao ensino experimental. Qualquer outra, como a questão do equipamento aqui discutida, a adequação do ensino ao meio, o tempo disponível para as aulas, a atitude refratária dos diretores de escola, podem ser superadas por um professor experiente e provido de boa formação.”

(AXT & MOREIRA, 1991.)

O fato peculiar é que, embora as atividades experimentais e qualquer outro tipo de atividade prática sejam raras nas escolas, os professores mantêm a crença de que as aulas práticas podem transformar o ensino de Ciências (GALIAZZI E COLS., 2001; SALVADEGO, 2009).

Talvez a grande valorização das atividades práticas, especialmente as experimentais, possa ser atribuída à ausência dessa modalidade nos planejamentos. O professor não emprega esse recurso e tem uma série de justificativas para tal, mas acredita que se fosse possível desenvolver aulas práticas haveria um notável ganho em termos de ensino. Contraditoriamente, as tentativas de realização de práticas são pouco frequentes.

Como ocorre com qualquer outro recurso, as atividades práticas não são garantia de melhor ensino. Vários problemas são reconhecidos e eles têm origens variadas. Alguns surgem de planejamentos frágeis ou confusos, outros de problemas relacionados com motivação e interações professores-alunos e um terceiro grupo de dificuldades está associado com a formação do docente.

Em algumas análises mais críticas sobre o uso de aulas práticas é salientado os prejuízos que podem advir dos planejamentos alicerçados exclusivamente em observações e demonstração de fenômenos, conceitos e teorias. Aparentemente, o fato das atividades propostas serem dependentes de observação e registro é ponto suficiente para invalidação como recurso adequado para o ensino de Ciência. Em algumas manifestações não fica muito claro se os autores rejeitam o método indutivista e sua aplicação em sala de aula ou se temem a criação ou reforço de uma visão indutivista do método científico (GIL-PÉREZ e cols.; 1999; ROSA pesd)

As causas apontadas para retirada das atividades práticas da rotina de planejamentos são variadas e podem ser organizadas sob diferentes aspectos.

As políticas públicas e a atual organização do sistema escolar que se refletem em muitos alunos por turma, muitas turmas por professor, mais de uma escola por profes-

sor. Uma das conseqüências desse cenário é a uniformização dos planejamentos, carência de recursos para instalação e manutenção de laboratórios; falta de “tempo institucionalizado para planejamento e organização de aulas”. Especialmente considerando o tempo necessário para planejamentos, as aulas teóricas são as mais adaptadas a essas situações, até porque permitem com mais facilidade que em vez de planejar para duas ou mais escolas e planejar para todas.

Também não colaboram com a realização de atividades práticas os programas de ensino que atendem prioritariamente às necessidades de progressão para os cursos superiores. As atividades práticas não colaboram diretamente para a compreensão/memorização das informações relacionadas às questões de vestibular. Além disso, embora as práticas sejam reconhecidas como importantes, também são sabidamente aulas mais lentas que mudam o andamento do planejamento e aumentam a probabilidade do professor não conseguir chegar até o fim do programa. Por fim, os programas de vestibular não envolvem questões associadas ao desenvolvimento de práticas. Esse tipo de aula pode ser considerado como treinamento desnecessário, por professores e alunos, uma vez que as habilidades que serão desenvolvidas não farão parte de questões de concursos.

A formação docente também colabora para a redução das atividades práticas. Cursos superiores cujos currículos não permitem uma formação sólida em uso de equipamentos, materiais e reagentes aumentam a probabilidade de professores inseguros sobre o que e como fazer para desenvolver atividades.

A valorização das atividades complexas é outro fator que reduz a probabilidade de um professor realizar atividades práticas. Essas atividades, por dependerem de equipamentos ou ambientes especiais; ou por serem demoradas a ponto de comprometer a execução dos prazos para o desenvolvimento dos conteúdos, acabam nunca sendo realizadas. O professor não enxerga benefícios nas atividades simplificadas ou não conhece práticas que sejam simples e significativas e quando se propõe a pensar sobre planejamentos de atividades práticas encontra barreiras estruturais intransponíveis (faltam equipamentos, reagentes e tempo).

Há que se considerar também o papel dos alunos na redução de atividades práticas. A falta de motivação geral para o estudo, faz com que atividades escolares que exijam mais empenho e participação constituam em fracassos pedagógicos (BUENO & KOVALICZN, pesd).

Todas essas justificativas podem estar presentes simultaneamente ou são detectadas em associações que dependem da escola ou das turmas. Para re-instalar procedimentos de “aula prática”, mesmo os de caráter mais simples como as demonstrações e observações diretas de material, é necessário que o professor supere mais de um obstáculo importante.

Dentre as práticas consideradas tradicionais, as demonstrações de reações e processos e as apresentações da biodiversidade já são raras e para várias escolas podem ser incluídas no rol de atividades “inovadoras”. Nessa situação, a apresentação de uma atividade de observação e classificação de folhas ou flores em relação às características morfológicas macroscópicas, pode ser relatada pelos alunos como um momento “diferente” e de grande interesse e participação.

Nesse contexto, o caráter de novidade suscita interesse pela aula prática e implica que os mesmos resultados de motivação talvez não sejam obtidos caso essa tipo de atividade se torne rotina. A manutenção da situação de “novidade” é mais um desafio que pode ser acrescentado à lista de pré-requisitos para a realização de aulas práticas eficientes para despertar interesse sobre um tema. Capturar a atenção para o momento de execução é um objetivo imediato da atividade prática, mas terá a aula prática um alcance maior? Servirá para organizar raciocínios posteriores, será lembrada como um momento significativo na aprendizagem do assunto? Como testar o alcance de uma atividade prática fora e além do momento de aplicação?

As atividades práticas são reconhecidas como meios eficientes para melhorar o aprendizado, fortalecer explicações teóricas, reforçar informações de textos didáticos, levar à construção de aprendizagens significativas e para motivar estudos adicionais e despertar curiosidades. Que formatos uma atividade prática deve possuir para atingir esses objetivos posteriores ou subsequentes ao seu desenvolvimento?

O professor percebe a necessidade de grandes adaptações nas atividades práticas tradicionais para que se tornem significativas; reconhece que algumas atividades práticas envolvem o alunos apenas pela ludicidade e novidade, mas não melhoram a aprendizagem; as atividades práticas acabam sendo onerosas (tempo e dinheiro) com baixo resultado.

13 OS DIFERENTES TIPOS DE ATIVIDADES PRÁTICAS

As atividades práticas em Ciências podem assumir características muito variadas e nem sempre as designações usadas assumem essa diversidade. Nem sempre é possível determinar se um texto, ao mencionar atividades experimentais, está relacionado com situações em que haverá hipóteses em investigação e tratamentos diferentes para análise, condições estas necessárias para uma “experimentação”. Experimental ou experimentação, às vezes, aparecem associados à atividades que são exclusivamente demonstrativas, sem situação de teste ou comparação entre resultados. O termo ‘aula prática’ é mais complexo em significados, não envolve necessariamente experimentos ou demonstrações diretamente ligadas aos métodos e materiais típicos das Ciências, pode ser o uso de uma animação, pode ser a construção de um cartaz ou a realização de um jogo.

Vamos considerar nesse texto apenas as atividades que utilizam materiais ou métodos típicos das Ciências Biológicas.

Os planejamentos com atividades práticas podem ser agrupados de diferentes modos, de acordo com a importância da atividade no contexto geral da proposta e também em relação aos objetivos, modo de apresentação dos procedimentos ou com as conclusões que permitem atingir.

AXT e MOREIRA (1991) apresentam três situações típicas de apresentação de experimentos em planejamentos de ensino que podem ser ampliadas para as práticas demonstrativas. Os experimentos “como se fossem um apêndice” são aqueles que não são necessários para o contexto de aprendizagem, podem no máximo reforçar o que já foi informado em aula teórica. Às vezes, esse tipo de aula prática não tem sequer função clara, sendo um adereço apenas indiretamente relacionado com o tema da aula. Utilizar degustação de gelatinas como prática sobre estrutura geral das proteínas, tendo colágeno como exemplo, representaria esse tipo de atividade prática.

As outras duas classes de atividades experimentais apresentadas por AXT e MOREIRA (1991) cumprem função processo de aprendizagem e se inserem como ne-

cessárias no planejamento são o que servem para “veicular conceitos, comprovar relações, determinar constantes, propor problemas experimentais” e o que serão usados como instrumentos para aquisição de conceitos e/ou reformulação conceitual.

Algumas classificações utilizam as teorias epistemológicas para identificar as atividades práticas, por exemplo, um experimento pode ser qualificado como indutivista-empirista ou verificacionista-indutivista quando é constituído por observações sistemáticas de um fenômeno para testar hipóteses (ARRUDA e LABURÚ, 1998).

Outra forma de identificar uma atividade prática é através das teorias de aprendizagem. Um experimento será classificado como construtivista quando permitir a interação do sujeito com o meio físico e social e dessa interação surgir o conhecimento (MORAES, 1998). Nessa situação, a realização do experimento permite ao aluno vivenciar a produção de conhecimento, não há uma resposta pronta esperando para ser “descoberta”. É o tipo mais desejável de experimento (FRACALANZA ET AL, 2006; ARRUDA & LABURÚ, 1998; MORAES, 1998).

Sem desconsiderar a validade dessas classificações, mas para simplificar as análises e discussões, vamos adotar apenas duas classes de atividades práticas: as demonstrativas e as experimentais.

Será designada atividade experimental os casos em que o modelo tradicional de experimento for aplicado, quando a prática envolver teste de hipóteses, com pelo menos uma condição variável ou tratamento para ser comparado com o controle. As outras atividades serão classificadas como demonstrativas. Assim, por exemplo, se a atividade prática é registro de formas do limbo de folhas, será uma prática demonstrativa.

É importante frisar que esses termos não serão usados segundo os conceitos dos autores citados anteriormente. Nem toda atividade experimental é construtivista, nem toda prática demonstrativa inibe a criatividade.

As atividades práticas, demonstrativas ou experimentais podem colaborar muito para a realização dos objetivos finais do ensino contemporâneo que são ambiciosos e denotam a necessidade premente da nossa sociedade em trabalhar com o volume crescente de informações especialmente em CT. As expressões ‘aprender a aprender’, ‘aprender a buscar informações’ e ‘aprendizagem contínua’ refletem percepções de que a escola não tem condições de ensinar “tudo” e que é mais produtivo saber onde buscar informações do que tentar memorizá-las. Nesse contexto, aprender como o conhecimento é produzido pode ser mais importante do que ‘aprender o conhecimento produzido’.

Que papéis as atividades práticas podem desempenhar nesse cenário? Sem dúvida, mesmo as atividades demonstrativas mais singelas – apenas trazer a Natureza para a sala de aula ou vice-versa - já seriam um grande auxílio para despertar o senso de observação, a capacidade de análise e para estimular vínculos de respeito com o ambiente em que se vive. As atividades práticas demonstrativas são importantes porque permitem que o aluno entre em contato com métodos e técnicas usados em Ciência e, ainda que de um modo muito simplificado, o aluno pode vivenciar como são obtidas as informações que estão nos livros.

As atividades ou práticas experimentais, dependendo do modo como são planejadas, podem ser a forma mais plena de vivência da atividade científica. Através dessas práticas os alunos têm a oportunidade de descobrir que dúvidas e incertezas permeiam a trajetória de uma investigação, que a imparcialidade frente aos resultados pode ser uma atitude difícil e também podem desenvolver a criticidade analisando as soluções propostas ao longo do desenvolvimento da pesquisa. Para que essas vivências sejam plenas, os níveis de motivação devem ser elevados. Quando não há uma participação efetiva no processo de investigação, quando o aluno não faz as atividades previstas, os benefícios da aula prática se tornam irrelevantes.

A premissa “se aprende fazendo” (“learning by doing”) foi base para a série de propostas de ensino de Ciência, desenvolvidas na década de 60. Acreditava-se que quando crianças estão realizando experimentos, mesmo que sejam simples, elas também estão aprendendo conceitos científicos. As análises de vários resultados das abordagens “aprender fazendo” revelaram que a simples execução de experimentos não leva necessariamente à compreensão de conceitos. Muitas vezes os trabalhos práticos, com instruções do tipo passo à passo resultam apenas na coleta e processamento de dados sem uma análise crítica ou uma atividade de reflexão sobre o que está sendo feito. As práticas desse tipo são denominadas de “experimentos tipo receita”, basta seguir as instruções, mesmo sem saber porque cada etapa está sendo realizada (GATT, 2008).

GATT (2008) descreve também outro tipo de atividade prática pouco eficiente para compreensão de conceitos ou princípios – as que se estruturam como um jogo de adivinhações. Nessas situações, os alunos se interessam mais em ‘descobrir’ o resultado, ou chegar até o que se espera como resultado, para finalizar um relatório. A compreensão do que está acontecendo e porque um determinado resultado será obtido ou não, fica em segundo plano, basta obter o resultado previsto.

Situações complexas com muitos fenômenos e informações sobrepostas podem dificultar as interpretações e dar origem à concepções equivocadas porque as relações entre os fatores presentes não é clara ou fácil de estabelecer de modo direto. Por isso, a valorização dos experimentos simples, eles aumentam a chance de que o aluno estabeleça vínculos corretos entre as informações, os conceitos ou fenômenos, especialmente nas séries iniciais (DUARTE e cols., 2008).

Outra vantagem apontada por TRNA (2008) para os experimentos simples é que eles podem incluir variações, ou seja, podem ser modelos para outros experimentos, incentivam a criatividade e ajudam a desenvolver habilidades de planejamento e experimentação, ou seja conduzem a cognição efetiva e também auxiliam no desenvolvimento de habilidades manuais e intelectuais.

DUTRA e colaboradores (2008), a partir de um estudo com estudantes de ensino fundamental (séries finais), apontam algumas falhas comuns no uso de experimentos para o ensino de Ciências: os alunos, por falta de experiência, pouca habilidades ou manipulações descuidadas não obtêm os resultados desejados para a atividade. Se o experimento não for repetido deixará de fazer sentido para o ensino a que se propunha. Em outras situações os resultados esperados podem ser óbvios para o professor e não ter significado para os alunos que executaram o experimento. Ficou fora da análise de DUTRA e colaboradores (2008) a situação alternativa: os resultados esperados serem tão óbvios para o aluno que a atividade acabará sendo executada sem qualquer expectativa. Resumindo, propor práticas que sejam significativas para a aprendizagem não é uma tarefa simples: envolve escolha acertada de tema/assunto; definição específica do problema e objetivos; planejamento adequado em relação aos materiais, delimitação das informações que serão necessárias fornecer aos alunos, passos de execução e atividades que serão solicitadas.

A execução de projetos para apresentação em “Feira de Ciências” é uma estratégia usada há muito tempo para promover habilidades científicas com ênfase em aprendizagem através de atividades práticas do tipo experimental. Identificar problemas, formular questões, realizar observações, propor soluções, interpretar dados são habilidades necessárias para a Ciência e para a vida de qualquer cidadão. A idéia geral das “feiras de Ciências” é promover um tipo de educação que enfatize essas habilidades e que simultaneamente melhore a compreensão dos princípios fundamentais da Ciência (ALEXANDROS e CONSTANTINOU,2008).

As atividades desenvolvidas para feiras de Ciências e Tecnologias se enquadram nas abordagens de aprendizagem que incluem trabalho consciente do aluno na busca de solução de um problema e, por isso, são frequentemente denominadas de “aprendizagem baseada em problemas” (*Problem based Learning*). Um problema serve como foco e estímulo para a atividade dos alunos que ao se envolverem ativamente aprendem em um contexto de aplicação de conhecimentos. Nem todo problema tem potencial para esse tipo de atividade. Questões abertas, com mais de uma forma de abordagem, sobre assuntos que o aluno dispõe de algumas informações a partir das quais pode começar as investigações (*ill-defined problem* ; Greenwald, 2000).

A diversidade de tipos de apresentação que as atividades práticas podem assumir é ampla e cada proposta se ajusta a um determinado modelo de ensino, ainda que o professor não tenha formulado de modo explícito qual o seu ‘modelo de ensino’.

14. AS ATIVIDADES PRÁTICAS E AS TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Aumentar a motivação para o estudo de Ciências, em todos os níveis, é um desafio internacional. Desde a segunda metade do século passado o ensino das Ciências vem sendo considerado prioritário para desenvolvimento e autonomia das nações, mas avaliado como pouco efetivo. A competência no ensino de Ciências está associada à capacidade de inovação tecnológica o que explica a ambição norte americana de tornar-se o país cujos estudantes têm os melhores níveis de conhecimento científico (*U.S. Department of Education, 1991.*)

Muitas pesquisas, trabalhos, relatórios e projetos foram realizados tendo como foco melhorias no ensino de modo geral e em Ciências. Do final de século passado para a primeira década deste, vários relatórios diagnósticos foram produzidos e constituíram a base para implantação de propostas de reformas. No Brasil, o documento norteador para as mudanças no ensino médio expõe de modo claro as situações que devem ser modificadas:

“As características de nossa tradição escolar diferem muito do que seria necessário para a nova escola. De um lado, essa tradição compartimenta disciplinas em ementas estanques, em atividades padronizadas, não referidas a contextos reais. De outro lado, ela impõe ao conjunto dos alunos uma atitude de passividade, tanto em função dos métodos adotados quanto da configuração física dos espaços e das condições de aprendizado. Estas, em parte, refletem a pouca participação do estudante, ou mesmo do professor, na definição das atividades formativas. As perspectivas profissional, social ou pessoal dos alunos não fazem parte das preocupações escolares; os problemas e desafios da comunidade, da cidade, do país ou do mundo recebem apenas atenção marginal no ensino médio, que também por isso precisaria ser reformulado.”

(PCN+ Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2000.)

Apesar das diferentes realidades socioculturais, os países que se envolveram neste início de século em reformas na educação, escolheram as mesmas direções: contextualização dos programas, a integração dos conhecimentos e a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) com a participação ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. (DEE, 1999; Beyond 2000; Brasil/PCN 2000; NRC, 2000; EC; 2004; DGEC, 2005; OECD, 2006).)

“Aprender a fazer” é uma das quatro dimensões que devem ser contempladas na educação (UNESCO, 1996) e segundo os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio significa:

“O desenvolvimento de habilidades e o estímulo ao surgimento de novas aptidões tornam-se processos essenciais, na medida em que criam as condições necessárias para o enfrentamento das novas situações que se colocam. Privilegiar a aplicação da teoria na prática e enriquecer a vivência da ciência na tecnologia e destas no social passa a ter uma significação especial no desenvolvimento da sociedade contemporânea.”

(Brasil, PCN 2000)

No ensino das Ciências “aprender a fazer” é há muito apontado como uma solução para melhor compreensão dos conceitos e teorias. As propostas com ênfase em atividades práticas aparecem no século IXI e desde então tem sido renovadas de acordo com as tendências pedagógicas em voga. Em língua inglesa há vários termos que se aplicam as propostas que envolvem ‘aprender fazendo’, *learning by doing*, *hands-on* e *make-meaning* são os termos que mais se popularizaram. Em comum, essas propostas defendem que o ensino de ciências deveria priorizar a experiência concreta como ponto de partida para o desenvolvimento das habilidades de compreender conceitos abstratos, interpretar, generalizar e pensar de modo lógico. Todas as correntes ou modalidades também reconhecem a necessidade de substituição da passividade dos alunos por uma participação ativa no aprendizado.

“*Hands-on Learning*”, como todo termo muito utilizado, apresenta várias aplicações e definições com nuances diferentes. De modo mais restrito, a expressão se aplica às atividades práticas com manipulação de objetos concretos, especialmente material de laboratório (LUMPE & OLIVER, 1991). Em um uso mais amplo o termo pode ser empregado para qualquer situação em que os alunos são diretamente envolvidos em produzir algo, abrangendo todos os recursos que permitem atividade por parte dos alunos.

Para HAURY & RILLERO (1994), três componentes podem ser identificados e analisados em atividades do tipo “hands-on”: a situação-problema, a estrutura de abordagem e a experimentação.

As atividades “hands-on” descritas por HAURY E RILLERO (1994) seguem o modelo proposto por LUMPE E OLIVER (1991). A abordagem inicial é a partir de questões ou situações-problema, cujas respostas possíveis podem ser buscadas a partir da utilização de vários recursos, não necessariamente através da manipulação de materiais. A estrutura da atividade corresponde ao tipo e quantidade de instruções que são dadas aos alunos desde a formulação da pergunta, às escolhas para obtenção de respostas e aos testes finais que conduzirão às conclusões. Dois tipos extremos podem ser facilmente reconhecidos, em relação à estrutura das atividades “hands-on” descritas por esses autores: as totalmente dirigidas e as completamente livres. Cada um desses modelos extremos apresenta problemas específicos e as atividades com estruturas intermediárias em relação ao grau de liberdade para execução são mais bem aceitas.

Na proposta de atividade *hands-on*, independente da estrutura, a etapa final é experimental. Nessas atividades as respostas iniciais sempre devem ser tratadas como hipóteses e testadas através da realização de observações controladas ou experimentos. Com essa etapa, as atividades *hands-on* descritas por esses autores podem ser consideradas construtivistas, ainda que tal termo não seja aplicado.

O ensino através de atividades práticas tem defensores organizados e muito ativos na busca de uma educação em Ciência e Tecnologia com maior qualidade. O ensino de Ciência nas escolas deve ter como objetivos estabelecer uma “Cultura de Ciência” em nossas sociedades e também garantir que Ciência e Tecnologia continuarão a se desenvolver (COSTA, 2008).

Para auxiliar na consecução desses objetivos foi criada, “Hands-on Science (H-Sci) network” que desenvolve atividades específicas para promover o desenvolvimento da educação em Ciências e a alfabetização científica; encorajar a aplicação de propostas investigativas experimentais do tipo “hands-on” inovadoras para a educação em Ciência e Tecnologia e aumentar a atratividade da Educação em Ciência e das carreiras em Ciência (COSTA, 2008).

As propostas construtivistas como solução para a melhoria do ensino de Ciências, segundo GATT (2008), tiveram poucas chances reais de se mostrar eficientes. Ou o contexto de ensino muda, principalmente no que se refere aos programas e ao tempo dedicado à aprendizagem, ou as práticas e propostas construtivistas não terão como ser

implantadas. O autor chama atenção que não se pode esperar efeitos significantes e de longa duração de experiências construtivistas que duram semanas. Pelo que o autor apresenta dos relatos analisados, as propostas construtivistas são executadas em cursos de 3-6 semanas, seguindo o esquema de distribuição de aulas típico do ano escolar norte-americano e, na maioria dos casos, são intervenções isoladas na experiência de aprendizagem dos alunos. Nesse tipo de situação, as atividades e métodos propostos dificilmente poderiam fazer frente ao modo tradicional de ‘aprender’ desenvolvido ao longo de todo restante da escolaridade. Para que o aluno seja parte ativa do processo de construção de conhecimento e atue como almejam as propostas pedagógicas é necessário que ele aceite o método, entenda a proposta e enxergue nela benefícios claros. A forma tradicional de ensino-aprendizagem pode ser mais confortável e menos trabalhosa, tanto para o professor como para o aluno!

Não há teoria de aprendizagem, nem tendência, que desconsidere as atividades práticas. Porém, o tipo de atividade é relevante para várias tendências desenvolvidas sob a égide construtivista tradicional ou das versões histórico-social, sóciointeracionista e outras. Em comum nessas correntes há a valorização das situações propiciadas pelas atividades experimentais propriamente ditas, associadas à investigação e à busca de respostas através de participação ativa dos alunos.

Pedro Demo, um dos divulgadores das ideias de Vigotski, apresenta o conceito de “Zona de Desenvolvimento Proximal” destacando a função da escola e do professor na criação da “problematização” capaz de ampliar os horizontes do conhecimento. Em termos de metodologia de trabalho, Demo explicita porque os conceitos de Vigotsky consideram como fundamental o trabalho colaborativo associado ao lúdico e enfatiza que:

“Não é papel do professor “facilitar” as coisas, adiantar “macetes” e “simplificações”, nem mesmo “tirar dúvidas”, já que todo processo adequado de construção de conhecimento crítico e criativo implica conviver com dúvidas.

(DEMO, 2009)

As propostas de ensino alicerçadas nas ideias de Vygotsky entendem o currículo como aberto e em construção, podendo ser descrito como conjunto sistematizado de problematizações possíveis, considerando o contexto cultural dos alunos e não como uma listagem de conceitos a serem apresentados.

No contexto das ideias sociointeracionistas e histórico-culturais derivadas da obra de Vigotski, no que se refere ao ensino de Ciências, as atividades práticas do tipo experimental preenchem os requisitos necessários para criar zonas de desenvolvimento proximal, permitir a ação do professor como mediador e o desenvolvimento do aluno a partir do ponto em que se encontra em termos conceituais, estimular a busca de soluções de problemas, promovendo o envolvimento ativo do alunos nessas buscas, permitindo que erro e dúvida façam parte do processo de aprendizagem. As atividades experimentais que associar o conhecimento com situações concretas têm grande potencial para ter o aluno como centro do processo de ensino-aprendizagem e criar possibilidades de reestruturar esquemas mentais.

As teorias de aprendizagem são fundamentais na escolha de estratégias de ensino apropriadas e melhoram significativamente a efetividade do ensino, desde que sejam compreendidas e aplicadas de modo coerente. Segundo MICHAELIDES (2008), isso é particularmente verdadeiro para a Ciência, pois além de habilidades cognitivas com graus variados de complexidade, habilidades práticas e de destreza também devem ser desenvolvidas.

Em uma análise de trabalhos sobre atividades práticas desenvolvidas para ensino de tópicos específicos do ensino de Ciências MICHAELIDES (2008) conclui que é comum não haver uma teoria de aprendizagem explicitada e, também, que o conjunto de informações apresentado não remete a nenhuma teoria. Essas seriam evidências empíricas de que, em se tratando de teorias de aprendizagem, a maioria dos professores não possui o conhecimento necessário e mesmo quando possuem informações suficientes não as utilizam.

Os professores têm uma forte tendência em repetir o modo de ensino ao qual foram expostos, ou seja, não transformam em prática pedagógica os conhecimentos teóricos que possuem e não se aventuram em novas abordagens de ensino. Se as conclusões de MICHAELIDES sobre os professores manterem as próprias experiências enquanto alunos como marcos de referência para a prática pedagógica são válidas, então os professores formadores de professores ganham responsabilidades muito maiores do que até então se imaginou.

Outra interpretação de MICHAELIDES sobre a falta de referências claras à teorias de aprendizagem no trabalhos sobre atividades práticas em Ciências remete à aplicabilidade dessas teorias. Mesmo as mais citadas e cujos elementos podem ser identificados nos trabalhos mais relevantes (as teorias construtivistas e as ideias de Piaget) en-

contram na prática escolar vigente dificuldades de aplicação plena. O tempo é o principal inimigo da construção ou reconstrução dos esquemas cognitivos. Segundo esse autor, em muitos trabalhos analisados o professor “demonstra inconsistências”, “explica ou prova teorias” e “constrói o modelo” e as razões para isso podem ser atribuídas ao tempo escolar limitado. O professor pressionado pelo cronograma de aulas não tem condições de desenvolver o método de forma adequada e tenta ‘economizar’ tempo. Nessas situações falta a compreensão de que ao prestar ‘auxílios’ na execução de tarefas torna a aplicação do método inconsistente.

O aprendizado também ocorre e depende de um contexto social e vários pesquisadores se dedicam a entender como o conhecimento é construído dentro de um grupo ou comunidade. Nessa visão, o conhecimento é criado e legitimado, não apenas através de um processo interno do indivíduo, mas através de interações sociais.

Uma vez que o construtivismo não é uma teoria de ensino mas uma forma de explicar como o conhecimento e a aprendizagem acontecem, não há uma metodologia que seja exclusiva ou específica para as abordagens construtivistas. A idéia de que o conhecimento é essencialmente construído de modo ativo pelo aluno, e não transmitido pelo professor, permite o desenvolvimento de vários caminhos para a aprendizagem. Algumas propostas são mais difundidas e produziram metodologias e técnicas adaptadas a conceitos como o de “mudança conceitual” (POSNER e cols em 1982), “mapas conceituais” (HAMMER e cols.,1998), modelos mentais (GILBERT, 1998).

A experimentação no ensino de Ciências será uma forma de produzir conflito cognitivo necessário para mudança conceitual se apresentar ao aluno informação, evento ou situação que seja desafiadora e discordante da experiência ou do entendimento prévio. GATT (2008) salienta que uma das dificuldades na produção de conflitos cognitivos é que eles só podem ser ‘percebidos’ se os alunos tiverem condições de estabelecer relações causa-efeito entre variáveis. A habilidade de trabalhar com evidências já devem ter sido construídas de algum modo ao longo da escolaridade. Além disso, anormalidades apresentadas pelo resultados podem não ser identificadas pelos alunos e portanto não haverá conflito. Da mesma forma, serão ineficientes resultados que sejam considerados inexplicáveis. Se os estudantes não percebem que existem predições em conflito com as observações, que de alguma forma as contradições podem ser explicadas ou que as suas idéias explicativas são diferentes das outras, não será possível promover a desejada mudança conceitual.

Para GATT (2008) o termo construtivismo é um dos mais usados e abusado na esfera educacional. Para reforçar essa idéia, cita vários tipos de construtivismo que podem ser encontrados com freqüência na literatura: construtivismo cognitivo, construtivismo sociocultural, construtivismo piagetiano, construtivismo sociológico, construtivismo pragmático, construtivismo radical, construtivismo estrutural. Na opinião desse autor, tantos títulos são causa de confusão, pois uma teoria não pode ter tantos aspectos que sejam notavelmente diferentes. Por não formar um corpo único ou compacto de idéias e sendo uma teoria tão ampla e aberta, tende a se tornar vaga e imprecisa, permitindo interpretações muito variadas e às vezes díspares. Esse cenário dificulta e enfraquece o reconhecimento do construtivismo como uma teoria de aprendizagem séria e consistente.

A principal crítica, sob o ponto de vista de GATT (2008,b), em relação à maioria das correntes ou metodologias construtivistas é considerarem as concepções ou idéias alternativas dos alunos em uma perspectiva unicamente psicológica. As condições socioeconômicas, culturais e religiosas são negligenciadas na maioria das propostas. Para GATT, essas condições são fonte de outros tipos de concepções que os alunos trazem para as situações de ensino-aprendizagem. Seguindo essa linha de raciocínio do autor, as motivações e expectativas dos alunos serão diferentes, dependendo do pano de fundo ou do contexto cultural no qual se desenvolvem.

Identificar os conhecimentos prévios dos alunos é uma etapa importante para o processo de ensino aprendizagem para vários autores construtivistas ou não. Na concepção de BACHELARD (1996), por exemplo, superar o “obstáculo pedagógico” envolve um processo de ruptura do conhecimento prévio. Conhecer as concepções alternativas sobre conceitos de Ciência, planejar situações que favoreçam rupturas desses conhecimentos prévio, porém, não podem auxiliar muito para o ensino de Ciências se, no contexto cultural do aluno, aprender Ciência não tiver valor algum, ou se a auto-estima baixa do aluno impedir que se veja como alguém que pode aprender.

Para GATT (2008 b) os educadores em Ciência falharam em incluir essas perspectivas nos esquemas de ensino, desconsiderando em grande medida as questões sociológicas e isso pode ser a raiz ou explicação de porque o construtivismo pouco produziu dos resultados desejados em melhoria da aprendizagem. A prontidão para aprender depende de condições sociológicas (background cultural, econômico, religioso) que interferem ou mesmo determinam condições psicológicas. Apenas quando ambas as condições são favoráveis, a construção do conhecimento pode acontecer.

Os benefícios do uso de atividades práticas, relatados pelos professores que utilizam regularmente esse recurso de ensino, são variados e não estão restritos ao desenvolvimento intelectual dos alunos. Além de maior facilidade de lembrar os conteúdos, as atividades experimentais, quando realizadas com sucesso, trazem sentimento de realização ao final das atividades, tornam mais fácil transferir para outras situações o que foi desenvolvido/aprendido; permitem atingir através da metodologia ativa, os alunos que mostram pouca afinidade pelas atividades escolares tradicionais e/ou que apresentam dificuldades de aprendizagem através da metodologia tradicional; trazem diversão e interações sociais positivas para alunos e também para o professor (HAURY e RILERO, 1994; DUARTE e cols., 2008).

Trabalhando com problemas reais os alunos desenvolvem o conceito de variáveis controladas e que se dois ou mais parâmetros variam no experimento os resultados provenientes podem não ser claros e que é importante delinear experimentos para obter respostas inequívocas. Os alunos ficam cientes de que os resultados da pesquisa podem ser diferentes do esperado e que novas ideias são, frequentemente, o fruto dessas contradições que dão origem a novas pesquisas, ou seja, nem sempre um experimento responde uma questão - às vezes cria outras.

15. HISTÓRIA DA CIÊNCIA E PLANEJAMENTO DE AULAS PRÁTICAS

Trazer para o ensino das Ciências informações sobre história pode ter muitas consequências positivas. Ao perceber que a Ciência contemporânea tem raízes em um passado, às vezes remoto, o aluno terá maior facilidade em reconhecer que o desenvolvimento desse tipo de conhecimento, mais do que um grande esforço individual, envolve continuidade de investigações, colaboração, somatórios de informações, atividades conjuntas e produção de resultados confiáveis, que servem de base para a evolução do conhecimento científico.

A natureza da produção do conhecimento científico pode ser apresentada e discutida através da História da Ciência (HC). Cumpre, porém, considerar quais ‘ histórias’ serão contadas. Uma listagem de datas e nomes com nacionalidades, uma linha do tempo com as principais ‘ descobertas’, até podem situar os alunos em relação ao espaço e tempo, dando-lhes uma idéia do desenvolvimento cronológico do conhecimento científico e da distribuição geográfica dos centros de produção de CT. Essas informações são limitadas e também mascaram a natureza de interdependência que existe entre teorias e conceitos. Ao atribuir um descobridor para uma informação ou um autor para uma teoria, essas listagens contribuem para manter o imaginário popular de que as inovações em CT dependem de gênios que, de uma hora para outra, ‘ descobrem’ algo. Nesse caso, perde-se a chance de trabalhar as teorias científicas como construções culturais dependentes da interação de uma comunidade que interage ativamente. A HC mal contada reduz a probabilidade do aluno se interessar pelo tema, inspirar-se na atividade dos cientistas do passado e ter uma idéia mais positiva sobre a carreira científica (AAAS, *The Nature of Science*: 1993).

As boas biografias de cientistas são um recurso interessante porque humanizam a Ciência. Entenda-se por ‘boas’ aquelas que, dando aos grandes nomes, que aparecem nas páginas dos livros didáticos, as características de seres humanos comuns, conseguem transmitir os conflitos, os interesses que estavam relacionados com o conhecimento que era buscado. Uma biografia que crie heróis da Ciência, inatingíveis pela genialidade, ou que transforme os pesquisadores em cientistas malucos, destacando apenas extravagâncias, perde a utilidade em termos de educação científica.

É difícil a tarefa de escrever biografias, especialmente considerando-se a necessidade de manter o equilíbrio entre fatos e especulações que podem dar ao texto atratividade. Quando a obra se destina a leitores muito jovens, problemas adicionais surgem. A “humanização” dos pesquisadores e a exposição dos conflitos e dilemas pessoais, que permeiam a produção do conhecimento científico, também, segundo alguns autores, deve ser usada com moderação e critérios, para que a narrativa não se transforme em contraexemplo de atitudes (BRUSH,1974).

Um exemplo de leitura recomendável é a biografia de Frist Haber escrita por CAMPOS e GOUVEIA:

“Biografias podem ser escritas apenas como um conjunto de datas e feitos. Podem ser também uma novela heróica: ao fim da leitura, não queremos ser outra coisa senão aquele herói. Uma vida mágica, uma coleção de vitórias, ou, mesmo nas derrotas, o heroísmo. As angústias, se existentes, são vencidas ao fim. Final feliz, sempre. Ou pode ser justo o oposto (ou seja, o mesmo): a biografia de um monstro sem coração que, de tão ruim, nos torna melhores: não somos como ele! Herói ou vilão, nenhum dos dois humanos. Os dois confortam, ambos por (des)identificação.

Bem, a vida real é mais complexa. Herói ou vilão, sentimentos contraditórios existem dentro de cada um de nós. Coragem e medo; certeza e dúvida. Amor e ódio. São sentimentos humanos, contradições que não precisamos negar, e ao reconhecê-los, saberemos como (com)viver, e amar melhor.

Dai, escolhermos a vida de Fritz Haber para contar a vocês. Um herói, um anti-herói, uma pessoa comum, uma pessoa especial, um homem do seu tempo, um homem a frente de seu tempo. Um homem atropelado pelo seu tempo.”

(CAMPOS e GOUVEIA)

Em paralelo às discussões éticas que as biografias suscitam, há os questionamentos sobre a legitimidade do ensino da HC em áreas cujos currículos já suportam um vasto volume de informações (GOODAY, 2008).

Hoje, qualquer disciplina das Ciências Biológicas possui programas que tiveram que passar por seleção de conhecimentos prioritários e por cortes de temas que, se mantidos, extrapolariam a carga horária disponível. Porém, as justificativas para a inclusão

da HC no currículo são poderosas: auxiliam na seleção necessária de conteúdos; facilitam compreensões; propiciam uma visão mais clara da dinâmica da produção de conhecimentos atuais expondo as inter-relações entre os ramos do conhecimento (WILSON e BARSKY, 1998; BARSKY e DAVISS, 2000; DUSCHL, 2000; MAIENSCHEIN, 2000; GOODAY, 2008).

Um dos principais argumentos da inclusão de HC nos currículos é a importância de apresentar como ocorrem as complexas mudanças da ciência, fugindo da idéia de conhecimento estático e definitivo. A HC desperta o interesse pela produção de conhecimento, mostrando como foram feitas as contribuições no passado, valoriza-se assim possibilidade de novas contribuições. O ciclo de Krebs é exemplo: na forma como é apresentado nos livros é um intrincado de reações e não há como imaginar como ele foi “construído”. Dificilmente o aprendiz poderá se imaginar “participando” da descoberta de um processo semelhante. Porém, cada etapa do ciclo tem sua história de experimentos, que permitiram a identificação daquelas reações.

A presença da HC nos currículos tem importância estratégica para a defesa da autonomia do ensino das Ciências contra forças extrínsecas inapropriadas (interesses comerciais, religiosos, divulgação de pseudociência) e para a formação de cidadãos mais críticos e menos suscetíveis a tomar decisões erradas (MIRSKY, 2006; GOODAY e cols., 2008)

A HC, enquanto relato de experimentos, destaca de modo mais notável a parte técnica da evolução do conhecimento científico e pode ser dissociada das biografias. Não significa que essa seja a abordagem mais desejável, mas pode ser mais útil para a compreensão dos conceitos gerais de uma área. Os livros didáticos, quando apresentam relatos de experimentos históricos, utilizam as informações como uma narrativa introdutória a um assunto. Em geral, esses textos são tão interessantes quanto vagos pois, embora despertem a curiosidade, não têm por objetivo estimular a execução do experimento como atividade real. Se algum professor ou aluno tentar, inspirado pelo livro, realizar uma atividade semelhante terá muita dificuldade. Algumas vezes, os relatos são tão parciais que não permitem ao leitor perceber como o pesquisador chegou à conclusão que corresponde à “descoberta”.

O clássico experimento de uma vela acesa, dentro de uma campânula imersa em água, pode ser facilmente executado e os resultados observados são sempre os mesmos. Porém, que evidências esse experimento fornece sobre a presença do oxigênio? Como, ao perceber que o nível da água subia, à medida que a vela queimava, Priestley “desco-

briu” o oxigênio? As narrativas simplificadas, ao resumirem a história, eliminam passos e apagam a trilha de observações e idéias que resultam no conhecimento atual. A impossibilidade de ligar o experimento à conclusão que o texto lhe atribui torna a Ciência e seu método um mistério insolúvel. O efeito de um experimento incompreensível leva exatamente à direção oposta ao que se considera necessário para a alfabetização científica. Em vez de estimular a criticidade e a compreensão do modo como os conhecimentos em Ciência são produzidos, fortalece a necessidade de memorizar qual é a conclusão associada a um determinado resultado.

A identificação de momentos especiais no desenvolvimento das diferentes áreas da Ciência, com a seleção de experimentos básicos que permitam uma melhor compreensão de como a Ciência se desenvolve, pode dar origem a atividades de ensino e de divulgação de CT.

Os experimentos que estabelecem as primeiras observações sobre princípios ou informações básicos são geralmente simples, de fácil compreensão. Em muitos casos, os experimentos históricos podem ser repetidos nas condições atuais e isso tem um grande potencial para o ensino. Nesse tipo de atividade, os níveis de informação do aprendiz e do pesquisador estarão mais próximos. Porém, não é possível, nem desejável, a tentativa de reconstruir toda a trajetória (idéias, observações e experimento) que leva ao conhecimento atual. Os experimentos históricos também devem ser adaptados para permitir as mesmas conclusões dentro de uma linguagem contemporânea de conceitos e interpretações. Desvios, idéias errôneas, podem ser fonte de discussões interessantes, mas, se forem postos em ‘atividades’ poderão ser antes de tudo fonte de confusão e não de esclarecimento. Outra ponderação necessária no processo de seleção de atividades experimentais é a avaliação de custo/benefício em relação ao tempo que será destinado à atividade. Experimentos de desenvolvimento lento ou muito complexos podem ser altamente desmotivantes, especialmente se os resultados já são conhecidos.

O site <http://home.tiscali.be/gr.school/galileo> é a proposta de KYRIAKI e colaboradores para apresentação de material didático sobre alguns experimentos históricos. Os autores consideram experimentos históricos aqueles que, ao serem executados, levaram a resultados que influenciaram a evolução de idéias em uma área da Ciência. Esse material está a disposição de professores de Ciências para utilização em aulas.

As principais características do site (KYRIAKI e cols.; 2008) são a estrutura simples com um menu principal, sob forma de questões e textos curtos e claros, escritos em linguagem direta, com *links* para detalhes e explicações adicionais. Os experimentos

propostos podem ser visualizados através de figuras, animações ou vídeos. As propostas estão adaptadas à tecnologia contemporânea, e apresentam as informações necessárias sobre os materiais para facilitar a aquisição e permitir a instalação dos experimentos. Segundo KYRIAKI e colaboradores (2008), os planejamentos de aula e questionários dão suporte didático aos professores e alunos na realização das atividades e, também, na fase de avaliação.

KYRIAKI e colaboradores (2008) defendem a ideia de que trabalhar com experimentos históricos auxilia os alunos a compreender a natureza da atividade científica e o processo de desenvolvimento dos conhecimentos. Por isso para cada experimento foram apresentadas as informações históricas sobre o desenvolvimento, teorias e dificuldades de execução, bem como a linha de raciocínio seguida pelos cientistas que realizaram os experimentos.

Através da reconstrução de experimentos históricos os alunos ganham familiaridade com os grandes problemas do passado e com o caminho percorrido para a obtenção das respostas. As dificuldades e as contradições, que envolvem o surgimento de teorias inovadoras ou revolucionárias, podem ser discutidas e oportunizam a alunos em estágios mais adiantados uma visão mais crítica do ‘método científico’. A análise das trajetórias de investigação permite perceber que as fases tradicionalmente ensinadas para o ‘método científico’ nem sempre se manifestam de forma clara ou não estão obrigatoriamente presentes. É possível reconhecer através da narrativa de experimentos históricos que a associação de observações, combinadas com suposições lógicas e com a intuição do pesquisador, podem criar hipóteses novas. No Anexo E é apresentada uma proposta de pesquisa coletiva para uma melhor compreensão de um determinado período da história da humanidade.

16. ARGUMENTAÇÕES SOBRE A IMPORTÂNCIA DE CONSTRUIR

A autonomia necessária para idealizar e executar experimentos passa pela capacidade de utilização de materiais. Sem desconsiderar o valor pedagógico das animações, simulações e vídeos, é importante avaliar se a atitude passiva de espectador não está estimulada em excesso.

Se, no passado, o aluno ficava lendo e transcrevendo os textos de livro ou polígrafo para responder questões, hoje, as novas ferramentas a situação pode continuar idêntica – o aluno copia textos, agora da internet, para atender solicitações dos professores.

A leitura, sem dúvida, deve ser estimulada em todas as fases da vida, mas a questão que fica pendente refere-se às habilidades que não podem ser desenvolvidas através de textos. A manipulação de objetos, o processo de tentativa e erro nas construções traz ao aprendiz outras oportunidades, incluindo-se nelas o autoconhecimento, sob a forma de descobertas de habilidades e aptidões. A superação de dificuldades, mesmo que banais, traz a recompensa de sucesso, por isso construir coisas simples pode ser uma experiência gratificante.

As atividades práticas desencadeadoras, propostas para a etapa inicial do curso sobre atividades práticas para o Ensino Médio (Anexo B) envolvem a construção de aparatos e lançam como temas para discussão: 1) deve-se informar aos alunos apenas o necessário para que possam construir equipamentos ou fornecer os equipamentos prontos? 2) Mesmo que para a execução das atividades existam recursos de laboratório disponíveis, o aprendiz deve ser estimulado a reconhecer materiais alternativos que cumpram a mesma função?

A clareza de instruções e simplicidade na execução devem ser as principais características das propostas de construção. Esse é outro desafio constante na proposição das atividades práticas. A simplificação e adaptação não devem ser esquecidas ao anali-

sar os planejamentos, mas deve ser realizadas sem comprometimento da qualidade da informação ou dos resultados que serão obtidos.

Em relação às adaptações é preciso enfatizar as diferenças entre as necessidades de graduandos e de alunos no Ensino Médio. O que deve ser a regra no ambiente de graduação, ou seja, a utilização de vidrarias e instrumentos de laboratório, geralmente, é uma exceção para o aluno de Ensino Médio. Portanto, sempre que possível, as aulas práticas para o Ensino Médio devem incluir vidraria e equipamentos típicos de laboratório. Apresentar os materiais convencionais que são usados para pesquisa e prestação de serviços também é uma das funções das aulas práticas no Ensino Médio. A falta desses materiais, porém, nem sempre será o empecilho para a execução de aulas práticas, porque, em várias situações, atividades podem ser realizadas sem as condições típicas de laboratório.

Para ampliar as discussões sobre a importância de ‘fazer’ serão usados dois recursos: a leitura e discussão do texto “DIY , OS ‘FAZEDORES’ E A CIÊNCIA DE GARAGEM” (ANEXO C)

17. COMO É FEITO?

Vivemos em uma sociedade de alta tecnologia, com processos industriais muito diversificados e complexos que geram uma quantidade muito grande de produtos. Na maioria das vezes, ignoramos como ocorre a produção dos bens que consumimos. Alimentos, roupas, remédios, equipamentos usados no cotidiano têm local de produção impreciso e são desconhecidos os recursos naturais, bem como os processos industriais, necessários para a obtenção desses itens. A necessidade dessas informações para um consumo mais consciente é parcialmente suprida pelas diversas formas de etiquetagem de produtos. Os selos de qualidade ou de origem, por exemplo, são referências para o consumidor identificar, com mais facilidade, produtos que sejam ecológica ou socialmente mais corretos.

A pergunta - Como é produzido? - deveria ser mais explorada porque a resposta pode ser decisiva para várias escolhas e, principalmente, para justificar mudanças de atitude necessárias para uma melhor relação da nossa sociedade com o ambiente. Porém, esse estímulo ao questionamento sobre os modos de produção ou sobre a origem do que consumimos não deve significar inclusão de novos conteúdos programáticos. Essa é uma atitude que deve ser estimulada em termos de desenvolvimento de cidadania para que possamos tomar decisões conscientes e devidamente esclarecidas.

Em que e como as aulas práticas de Ciências podem contribuir para um melhor discernimento em relação às informações? No mínimo, instalando o modelo básico de observação criteriosa e comparação controlada. Instigando a curiosidade não apenas sobre os conceitos gerais de CT, mas também despertando a curiosidade sobre elementos do cotidiano.

18. QUALQUER AULA PRÁTICA É MELHOR QUE NENHUMA?

Toda atividade prática contribui para o desenvolvimento do espírito crítico? Não. Algumas reproduzem exatamente a situação não desejada: aceitação sem questionamento. Ao serem executadas, levam os participantes a assumir *a priori* que os resultados correspondem ao que foi ou ao que será apresentado em aula. Outras estão apenas remotamente associadas ao tema geral da aula e as conclusões, que podem ser extraídas da realização da atividade, não possuem um vínculo com o discurso ou com a teoria: o que está sendo proposto faz parte de um universo de conceitos que não está sob exploração. Nessa situação, as atividades não colaboram para o desenvolvimento de raciocínios críticos porque dependem de conceitos que não foram abordados, ou seja, ultrapassam os limites da aula, do programa e da intenção do professor.

Planejar uma aula prática, que seja pertinente ao que está sendo abordado nas aulas teóricas, é um desafio, especialmente se a intenção for desenvolver conceitos e teorias a partir das atividades práticas. Isso justifica, em parte, o fato das aulas práticas geralmente terem a posição de “apêndices” ou “anexos” nos planejamentos. Elas são inseridas em dois momentos principais: no início ou no final de um tópico. Quando fazem parte da abertura de um tema, as atividades práticas aparecem como “motivadoras”, “problematizadoras”, cumprindo a função de tentar despertar a atenção dos alunos para o que vai ser desenvolvido em teoria. Se a escolha da atividade apresenta fenômenos ou situações, que depois não serão sequer mencionados, fica perdida a oportunidade de desenvolver a curiosidade. Se as dúvidas despertadas na atividade forem ignoradas na parte teórica, a prática terá sido sem propósito.

Nas aulas com atividades práticas, as dúvidas e curiosidades dos alunos devem ser consideradas, porém, as perguntas que usualmente aparecem nos planejamentos mais tradicionais servem como fonte de inspiração mais para o professor do que para os

alunos. As perguntas dos alunos, por sua vez, podem ser muito diferentes das planejadas. Em uma prática com CO₂ proveniente de refrigerante a grande questão pode ser como o gás é colocado na garrafa. Se o processo de gaseificação de líquidos não for abordado, a curiosidade frustrada do aluno pode ser compensada?

A presença de atividades práticas, no final de apresentação de um conteúdo, em geral, cumpre função de reforço e revisão das informações. Executadas nesse ponto do planejamento, encerrando o tópico, se derem origem a dúvidas, curiosidades, ou novas propostas, o tempo destinado ao tema já se esgotou. São comuns os planejamentos em que as atividades práticas finalizadoras correspondem apenas a um momento de socialização, confraternização - um prêmio pelo final da parte teórica.

As práticas serão sempre a ‘melhor parte’? Ao executar uma prática, os alunos podem seguir um roteiro consistente, bem organizado que, com grande probabilidade dá origem aos resultados esperados. Em alguns casos, os resultados são tão conhecidos que não trazem entusiasmo para a execução e as atividades de finalização também não ajudarão a aumentar o interesse pelo conteúdo estudado.

Os relatórios das atividades práticas não estão entre as tarefas mais desejáveis. As duas modalidades mais comuns – relatório entregue ao final da aula ou para pesquisa extraclasse - apresentam problemas que são clássicos. Se o relatório é para entrega imediata, logo após a realização da atividade, não podem ser muito complexos. Nesse caso, perdem muito do potencial de revisão de conteúdos e não permitem o estudo através de pesquisas. Se solicitados para entrega posterior, há um grande risco de serem produzidos através dos mecanismos de cópia/cola. Há um bom número de sites dedicados ao compartilhamento de trabalhos escolares e todos eles são muito bem abastecidos. Uma pesquisa rápida com a palavra chave “trabalhos escolares” resulta em vários endereços dedicados ao assunto: <http://www.coladaweb.com> ; <http://www.zemoleza.com.br> , <http://www.trabalhoscolares.net/> ; <http://www.alunosonline.com.br/> ; <http://www.brasilecola.com/> ; <http://www.infoescola.com/>.

Em muitos desses sites, o que é solicitado pelo professor está pronto, disponível para copiar e colar. Desse modo, a abordagem final de um assunto através de texto de relatório ou de respostas para as perguntas de revisão, corre o risco de ser apresentado ao professor sem sequer ter sido lido pelo aluno.

Como trabalhar com esse universo de informação disponível de modo quase instantâneo? Como trabalhar com o fato de que na Internet pode haver várias versões prontas do trabalho que foi solicitado? Alguns professores utilizam como solução a transcri-

ção manual dos textos, sob o argumento de que o aluno ao copiar deverá, no mínimo, ter lido o texto. Será essa a única solução? Como finalizar as atividades práticas sem relatórios?

Vídeos ou fotos, registrando a execução dos experimentos, fazem parte de uma linguagem mais contemporânea, baseada em uso de imagens. A ordenação e encadeamento de ideias para compor um vídeo demanda um tempo de permanência significativo sobre a atividade.

19. QUAL O ALCANCE DAS ATIVIDADES PRÁTICAS?

Quais os conceitos que uma atividade prática permite trabalhar? Que informações podem ser exploradas a partir de uma aula prática? Responder a essas perguntas pode parecer simples, mas, dependendo da ambição do professor, pode-se chegar a situações pedagogicamente impossíveis. Às vezes, a exploração de temas que se relacionam ao que está sendo proposto como prática resulta em uma rede extensa que inclui interações entre informações de outras disciplinas. Alguns fenômenos permitem explorações mais diversificadas e podem ser explicados de modo interdisciplinar. As atividades práticas relacionadas com esses assuntos são as mais promissoras e devem ser priorizadas?

Através da associação de idéias, qualquer prática de Biologia pode levar às teorias da origem do universo! Por isso é essencial que o professor tenha muito claro quais são os conceitos mais pertinentes ao que será realizado. As relações ecológicas podem ser exploradas, de modo concreto e bem situadas, através de um experimento com *Saccharomyces* produzindo CO₂? As mudanças no clima global, o efeito estufa e a composição dos gases da atmosfera são assuntos pertinentes a essa atividade? Embora estejam relacionados com a produção de CO₂ por sistemas biológicos, essa associação de conceitos pode ser percebido através das atividades executadas?

Os objetivos apresentados nas atividades práticas desencadeadoras propostas no Anexo B são restritos ao que, de fato, pode ser observado no momento da execução, não indo além do que pode ser visualizado. É comum o engano de que uma atividade prática simples pode suportar um grande número de informações. A 'teia' de interações que pode ser explorada para um determinado assunto não será construída durante a atividade propriamente dita - nem na execução, nem na fase de conclusões.

De fato, imaginar que, através de uma única atividade, será possível trabalhar com todos os conceitos relacionados ao tema, pode tornar ineficiente e desmotivante

uma atividade. As interações entre informações, que fazem parte do contexto mais amplo, no qual o assunto da atividade se insere, podem ser claras para o professor que tem domínio sobre o conjunto de conteúdos. Para o aluno, essa percepção pode ser muito difícil - ou impossível - se as informações básicas para perceber tais interações ainda não foram apresentadas.

Considerando os modelos construtivistas, no que se refere à aplicação de atividades práticas, a construção do conhecimento é sempre única, individual. Cada aluno, exposto ao mesmo conjunto de informações, usa processos próprios para interpretar - dar sentido (“making sense of”) - ao que está acontecendo na atividade. Se as interações são múltiplas, se vários conceitos estão em jogo, aumenta a probabilidade de surgirem construções equivocadas. Para GATT (2008), o ensino deve reconhecer que cada indivíduo traz para as situações de aprendizagem suas próprias concepções. Esses conceitos prévios dependem das experiências de vida e do ambiente cultural, podem ser peculiares ou compartilhados por grupos de alunos. Em geral, não são informações formalmente estabelecidas, ‘não sabe o que sabe’. Por isso é altamente recomendável explorar os conhecimentos prévios dos alunos antes mesmo de planejar as atividades.

A valorização das concepções espontâneas é um dos marcos diferenciais das abordagens construtivistas. O conhecimento prévio serve como arcabouço para a aquisição de novos conhecimentos e cada um, dependendo dos conceitos que possui, fará adição de informações de modo próprio. Reconhecer que cada indivíduo possui um conjunto de concepções espontâneas, porém, não torna aceitável a ideia de que cada construção é igualmente ‘boa’. Quando as concepções construtivistas são aplicadas ao processo de ensino - aprendizagem das Ciências, o importante é que o indivíduo seja capaz de entender (no sentido de construir) os conceitos que a comunidade acadêmica aceita como válidos. Construções diferentes das propostas pela comunidade científica devem ser identificadas e trabalhadas para modificação, como expõe GATT (2008):

“Construction does not give learners the licence to claim that their meaning is as good as that of accepted knowledge. It is important to keep in mind that some meanings are better than others, especially those constructed and agreed on by the community of academics of any subject area or knowledge.”

[GATT, 2008.]

Para TRNA (2008), problemas significativos da educação científica decorrem das “concepções espontâneas errôneas” (*misconceptions*) que os alunos possuem e que

são mantidas, a despeito das tentativas dos professores de ‘ensinar’ novos conceitos. Essas concepções errôneas são fonte da perda de motivação dos alunos pela ciência porque as informações apresentadas nas aulas não “fazem sentido”, não possuem valor explicativo para o indivíduo TRNA (2008).

O próprio planejamento de ensino pode contribuir muito com a manutenção das concepções errôneas que os alunos trazem e ainda criar outras. Se a aula inclui imprecisões ou conflitos de informação, seja por falta de conhecimento ou pela presença de concepções espontâneas errôneas do professor, como fica a construção do conhecimento para o aluno?

Em algumas situações a necessidade de simplificar, de exemplificar ou tornar mais concreta uma informação - que é essencialmente abstrata - conduz o professor para o limite do erro conceitual. Nos exemplos que seguem o limite foi ultrapassado?

Exemplo 1:

“Ao longo de um dia corrido, com atrasos, trabalho, filhos, jogar pelada com os amigos, mais trabalho, namoro, ônibus lotado, chegamos ao final do mesmo com a sensação de cansaço e fraqueza. Porque dessa sensação? Pois gastamos ENERGIA para realizar qualquer tipo de atividade.”

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1712>

Exemplo 2:

Produção de CO₂: As bactérias retiraram o gás carbônico da atmosfera em uma velocidade maior do que sua liberação, armazenando-o nas reservas de carbono e diminuindo a sua concentração na atmosfera.

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1523>

CONCLUSÕES

A História da Ciência, seja através do uso de réplicas de equipamentos, como o microscópio de Leeuwenhoek, seja através da adaptação de experimentos que representem grandes momentos de mudança no conhecimento, pode ser muito útil para o ensino dos conceitos básicos da Ciência e principalmente para a compreensão da natureza do conhecimento científico.

A realização de atividades práticas, independente do tipo ou formato, deve ser incentivada e a formação docente nessa área deve receber uma atenção especial, priorizando planejamentos que incluam recursos de inovadores.

ANEXO A

UMBERTO ECO: "O EXCESSO DE INFORMAÇÃO PROVOCA AMNÉSIA"

O escritor italiano diz que a internet é perigosa para o ignorante e útil para o sábio porque ela não filtra o conhecimento e congestiona a memória do usuário

LUÍS ANTÔNIO GIRON, DE MILÃO



PROFESSOR O pensador e romancista italiano Umberto Eco completa 80 anos nesta semana. Ele está escrevendo sua autobiografia intelectual (Foto: Eric Fougere/VIP Images/Corbis)

O escritor e semiólogo Umberto Eco vive com sua mulher em um apartamento duplo no segundo e terceiro andar de um prédio antigo, de frente para o palácio Sforzesco, o mais vistoso ponto turístico de Milão. É como se Alice Munro morasse defronte à Canadian Tower em Toronto, Hakuri Murakami instalasse sua casa no sopé do monte Fuji, ou então Paulo Coelho mantivesse uma mansão na Urca, à sombra do Pão de Açúcar. "Acordo todo dia com a Renascença", diz Eco, referindo-se à enorme fortificação do século XV. O castelo deve também abrir os portões pela manhã com uma sensação parecida, pois diante dele vive o intelectual e o romancista mais famoso da Itália.

Um dos andares da residência de Eco é dedicado ao escritório e à biblioteca. São quatro salas repletas de livros, divididas por temas e por autores em ordem alfabética. A sala em que trabalha abriga aquilo que ele chama de "ala das ciências banidas", como ocultismo, sociedades secretas, mesmerismo, esoterismo, magia e bruxaria. Ali, em um

cômodo pequeno, estão as fontes principais dos romances de sucesso de Eco: *O nome da rosa* (1980), *O pêndulo de Foucault* (1988), *A ilha do dia anterior* (1994), *Baudolino* (2000), *A misteriosa chama da rainha Loana* (2004) e *O cemitério de Praga*. Publicado em 2010 e lançado com sucesso no Brasil em 2011, o livro provocou polêmica por tratar de forma humorística de um assunto sério: o surgimento do antissemitismo na Europa. Por motivos diversos, protestaram a igreja católica e o rabino de Roma: aquela porque Eco satirizava os jesuítas ("são maçons de saia", diz o personagem principal, o odiado tabelião Simone Simonini), este porque as teorias conspiratórias forjadas no século XIX - como o *Protocolo dos sábios do Sião* - poderiam gerar uma onda de ódio aos judeus. Desde o início da carreira, em 1962, como autor do ensaio estético *Obra aberta*, Eco gosta de provocar esse tipo de reação. Mesmo aos 80 anos, que completa em 5 de janeiro, parece não perder o gosto pelo barulho. De muito bom humor, ele conversou com *Época* durante duas horas sobre a idade, o gênero que inventou - o suspense erudito -, a decadência europeia e seu assunto mais constante nos últimos anos: a morte do livro. É de pasmar, mas o maior inimigo da leitura pelo computador está revendo suas posições - e até gostando de ler livros... pelo iPad que comprou durante sua última turnê americana.

ÉPOCA - Como o senhor se sente, completando 80 anos?

Umberto Eco - Bem mais velho! (Risos.) Vamos nos tornando importantes com a idade, mas não me sinto importante nem velho. Não posso reclamar de rotina. Minha vida é agitada. Ainda mantenho uma cátedra no Departamento de Semiótica e Comunicação da Universidade de Bolonha e continuo orientando doutorandos e pós-doutorandos. Dou muita palestra pelo mundo afora. E tenho feito turnês de lançamento de *O cemitério de Praga*. Acabo de voltar de uma megaexcursão pelos Estados Unidos. Ela quase me custou o braço. Estou com tendinite de tanto dar autógrafos em livros.

ÉPOCA - O senhor tem sido um dos mais ferrenhos defensores do livro em papel. Sua tese é de que o livro não vai acabar. Mesmo assim, estamos assistindo à popularização dos leitores digitais e tablets. O livro em papel ainda tem sentido?

Eco - Sou colecionador de livros. Defendi a sobrevivência do livro ao lado de Jean-Claude Carrière no volume *Não contem com o fim do livro*. Fizemos isso por motivos estéticos e gnoseológicos (relativo ao conhecimento). O livro ainda é o meio ideal para aprender. Não precisa de eletricidade, e você pode riscar à vontade. Achávamos impossível ler textos no monitor do computador. Mas isso faz dois anos. Em minha viagem pelos Estados Unidos, precisava carregar 20 livros comigo, e meu braço não me ajudava. Por isso, resolvi comprar um iPad. Foi útil na questão do transporte dos volumes. Comecei a ler no aparelho e não achei tão mau. Aliás, achei ótimo. E passei a ler no iPad, você acredita? Pois é. Mesmo assim, acho que os tablets e e-books servem como auxiliares de leitura. São mais para entretenimento que para estudo. Gosto de riscar, anotar e interferir nas páginas de um livro. Isso ainda não é possível fazer num tablet.

ÉPOCA - Apesar dessas melhorias, o senhor ainda vê a internet como um perigo para o saber?

Eco - A internet não seleciona a informação. Há de tudo por lá. A Wikipédia presta um desserviço ao internauta. Outro dia publicaram fofocas a meu respeito, e tive de intervir e corrigir os erros e absurdos. A internet ainda é um mundo selvagem e perigoso. Tudo surge lá sem hierarquia. A imensa quantidade de coisas que circula é pior que a falta de informação. O excesso de informação provoca a amnésia. Informação demais faz mal. Quando não lembramos o que aprendemos, ficamos parecidos com animais. Conhecer é cortar, é selecionar. Vamos tomar como exemplo o ditador e líder romano Júlio César e como os historiadores antigos trataram dele. Todos dizem que foi importante porque alterou a história. Os cronistas romanos só citam sua mulher, Cal-

púrnica, porque esteve ao lado de César. Nada se sabe sobre a viuvez de Calpúrnica. Se costurou, dedicou-se à educação ou seja lá o que for. Hoje, na internet, Júlio César e Calpúrnica têm a mesma importância. Ora, isso não é conhecimento.

ÉPOCA - Mas o conhecimento está se tornando cada vez mais acessível via computadores e internet. O senhor não acha que o acesso a bancos de dados de universidades e instituições confiáveis estão alterando nossa noção de cultura?

Eco - Sim, é verdade. Se você sabe quais os sites e bancos de dados são confiáveis, você tem acesso ao conhecimento. Mas veja bem: você e eu somos ricos de conhecimento. Podemos aproveitar melhor a internet do que aquele pobre senhor que está comprando salame na feira aí em frente. Nesse sentido, a televisão era útil para o ignorante, porque selecionava a informação de que ele poderia precisar, ainda que informação idiota. A internet é perigosa para o ignorante porque não filtra nada para ele. Ela só é boa para quem já conhece – e sabe onde está o conhecimento. A longo prazo, o resultado pedagógico será dramático. Veremos multidões de ignorantes usando a internet para as mais variadas bobagens: jogos, bate-papos e busca de notícias irrelevantes.

ÉPOCA - Há uma solução para o problema do excesso de informação?

Eco - Seria preciso criar uma teoria da filtragem. Uma disciplina prática, baseada na experimentação cotidiana com a internet. Fica aí uma sugestão para as universidades: elaborar uma teoria e uma ferramenta de filtragem que funcionem para o bem do conhecimento. Conhecer é filtrar.

Texto parcial da entrevista publicada em 30/12/2011, disponível em: <http://revistaepoca.globo.com/ideias/noticia/2011/12/umberto-eco-o-excesso-de-informacao-provoca-amnesia.html>

ANEXO B

ATIVIDADES PRÁTICAS DESENCADEADORAS PRIMEIRA PARTE DO CURSO SOBRE PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO DE ATIVIDADES PRÁTICAS PARA FORMAÇÃO DOCENTE

ATIVIDADE 1	
COMO SABER SE UMA SOLUÇÃO É ÁCIDA OU BÁSICA?	
Objetivo	Verificar se a infusão de repolho roxo funciona para identificar soluções ácidas e soluções básicas.
Apresentação da atividade	Algumas plantas, como o repolho roxo, possuem pigmentos que podem ser usados como indicadores de pH.
Material necessário	<ul style="list-style-type: none">- Uma folha de repolho roxo (quanto mais escura for melhor),- Faca para picar a folha de repolho roxo- Recipiente refratário com capacidade de aproximadamente 200ml;- Água fervente (em ponto de ebulição);- Vinagre;- Hipoclorito de sódio (desinfetante/alvejante com cloro);- Frasco com tampa para armazenar a infusão- 3 frascos pequenos (15 ml) de vidro transparente incolor para as amostras- Pipeta de Pasteur ou medida com valor aproximado de 10 ml;- Caneta para escrever em vidro (caneta de retroprojektor)
Descrição geral	Produzir uma infusão de repolho roxo e determinar qual a cor que o pigmento apresenta quando está em solução ácida ou em solução básica.
Procedimento 1	Preparo da solução indicadora de pH a partir de folhas de repolho roxo <ol style="list-style-type: none">1. Picar a folha de repolho em pedaços pequenos, colocar no recipiente refratário e adicionar uma xícara (aproximadamente 200 ml) de água fervente.2. Espere a infusão esfriar e separe a parte líquida (descarte os resíduos de folha). A solução indicadora está pronta para ser usada. <p>Comentários: A infusão de repolho roxo também pode ser feita em forno de microondas. A folha picada é colocada junto com 200 ml de água em um recipiente que possa ser usado no forno. Dependendo do aparelho, em dois minutos esse volume de água estará aquecido em ponto de ebulição. Se as folhas de repolho forem cozidas (fervidas em água) o pigmento pode ser degradado. O modo de preparo através de infusão preserva a capacidade do pigmento atuar como indicador de pH.</p>
Procedimento 2	Identificando soluções ácidas e base <ol style="list-style-type: none">1. Identificar o três frascos que receberão as amostras de vinagre, hipoclorito e infusão de repolho (frasco controle).2. Colocar aproximadamente 10 ml de infusão de repolho roxo em cada frasco.3. Colocar uma gota de vinagre ou uma gota de hipoclorito de sódio na infusão de repolho roxo, de acor-

do como a identificação do frasco. Agitar e observar.

Repetir essa etapa até que a infusão mude de cor.

4. Comparar com a cor dos frascos que receberam vinagre e hipoclorito de sódio com o frasco controle que representa a cor original da infusão.

Conclusões

1. A cor da infusão sofre variações ou é estável?

2. Qual a cor que a infusão apresenta em solução ácida?

3. Qual a cor que a infusão apresenta em solução básica?

ATIVIDADE 2	
<i>O GÁS PRODUZIDO PELAS PASTILHAS DE ANTIÁCIDO E-FERVESCENTE É DIFERENTE DO AR?</i>	
Objetivo	
Demonstrar que o ar atmosférico e o gás das pastilhas têm propriedades diferentes, comparando a coloração da infusão de repolho roxo quando é exposta ao gás proveniente das pastilhas efervescentes e quando é exposta ao ar atmosférico.	
Apresentação da atividade	
Se dois gases têm a mesma composição ou são do mesmo tipo devem produzir os mesmos efeitos sobre a solução de repolho roxo.	
Material necessário	
<ul style="list-style-type: none"> - Aparato de condução de gás; - Aparato para condução de ar atmosférico, - Pastilha efervescente (Ex.: antiácido, vitamina C); - Infusão de repolho roxo, - 2 frascos incolores pequenos (Ex.: tubos de ensaio ou frascos de vidro transparente com capacidade de 10-15 ml). 	
Descrição geral	
Usando o aparato de condução de gás, fazer borbulhar, em pequeno volume de infusão de repolho roxo, o gás que é produzido pela efervescência de uma pastilha de antiácido e o ar atmosférico. Comparar os resultados e concluir se foi possível ou não responder a pergunta inicial.	
Hipóteses – Resultados Possíveis	
<ul style="list-style-type: none"> - A infusão de repolho roxo não apresentará alteração na coloração (nem com o ar atmosféricos, nem com o gás produzido pela efervescência). - Haverá mudança de coloração nos dois frascos. -Haverá mudança de coloração em apenas um dos frascos. 	
Procedimento 1	
<i>Fazendo a infusão de repolho roxo borbulhar com o gás produzido por pastilha efervescente.</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Coloque uma quantidade pequena de infusão de repolho roxo (no máximo 5 ml) nos dois frascos. 2. Separe um dos tubos para ser controle da coloração, o outro será usado no experimento. 3. Certifique-se que a extremidade mais longa da mangueira poderá ficar imersa dentro da infusão de repolho (tubo do experimento) e que líquido desse tubo não extravasará quando começar a borbulhar. 3. Parta a pastilha efervescentes em pedaços que passam passar facilmente pelo gargalo da garrafa. 4. Coloque aproximadamente 100 ml de água na garrafa, adicione a pastilha efervescente e feche a garrafa com aparato de condução de gás. 5. Coloque a extremidade livre da mangueira dentro da infusão de repolho roxo (tubo do experimento), permitindo que o gás produza bolhas dentro da solução. 6. Compare a cor da infusão de repolho roxo que está no tubo controle (em repouso, sem passagem de gás) com a cor da infusão que está no tubo do experimento. 	
Comentários	
<p>Para o sucesso desse experimento os volumes de água na garrafa com o aparato de condução e de infusão de repolho roxo nos frascos não podem ser muito grandes. No caso da infusão de repolho roxo não deve ultrapassar 5 ml, caso contrário a alteração na coloração vai demorar para acontecer e/ou será pouco intensa, dificultando a observação e registro.</p> <p>O fechamento da garrafa com o aparato de condução e a imersão da extremidade da mangueira dentro da infusão de repolho roxo devem ser executados de modo rápido, para que o gás produzido não seja perdido. Quanto menor a quantidade de gás, mais demorado e/ou menos intensa será a alteração de coloração.</p> <p>Pastilhas efervescentes que ficarem expostas a ambientes ventilados e úmidos tendem a produzir menor quantidade de gás.</p>	
Procedimento 2	
<i>Fazendo a infusão de repolho roxo borbulhar com o ar atmosférico</i>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Coloque uma quantidade pequena de infusão de repolho roxo (no máximo 5 ml) em dois frascos. 	

2. Separe um dos tubos para ser controle da coloração, o outro será usado no experimento.
3. Certifique-se que a extremidade mais longa da mangueira poderá ficar imersa dentro da infusão de repolho (tubo do experimento) e que líquido desse tubo não extravasará quando começar a borbulhar.
3. Para fazer o ar atmosférico borbulhar na infusão de repolho roxo, coloque a extremidade livre da mangueira dentro do tubo do experimento e com o dedo tampando o furo lateral, pressione a garrafa PET, forçando a saída do ar através da mangueira. Retirar o dedo do furo e permita a entrada de ar na garrafa. Repita essa sequência de movimentos algumas vezes.
4. Compare a cor da solução do tubo controle com a cor da solução do frasco do experimento.

Registro dos resultados:

1. O gás produzido pela efervescência do antiácido muda a cor da infusão de repolho roxo?
2. O ar atmosférico muda a cor da infusão de repolho roxo?
3. O gás produzido pela efervescência do antiácido pode ser igual ao ar atmosférico?

Pesquisa

Em 1754 Joseph Black mostrou que o aquecimento de algumas substâncias sólidas libera gases. Quando isso acontecia, os sólidos perdiam massa e Black considerou que os gases estavam “ligados” aos sólidos. “Gás fixo” foi o nome dado aos gases que se desprendiam dos sólidos.

Como Black mostrou que o gás fixo era diferente do ar atmosférico?

Que semelhanças o experimento de Black tem o que acabamos de realizar?

ATIVIDADE 3
<i>O GÁS DOS REFRIGERANTES É DIFERENTE DO AR?</i>
Objetivo
Utilizando infusão de repolho roxo, demonstrar que o ar atmosférico e o gás presente nas bebidas gaseificadas possuem propriedades diferentes.
Apresentação da atividade
O mesmo raciocínio usado na atividade 01 organiza a execução das observações com o gás liberado pelos refrigerantes. Espera-se para essa atividade uma maior clareza na proposição das conclusões, considerando que são variações do primeiro conjunto de atividades.
Material necessário
<ul style="list-style-type: none"> - Aparato de condução de gás; - Aparato para condução de ar atmosférico; - Infusão de repolho roxo - Garrafa de refrigerante ou de água mineral com gás (600 ml); - 2 frascos incolores pequenos (Ex.: tubos de ensaio ou frascos de vidro transparente com capacidade de 10-15 ml).
Descrição geral
Usando o aparato de condução de gás, fazer borbulhar, em pequeno volume de infusão de repolho roxo, o gás que é liberado da bebida gaseificada, registrar os resultados e compará-los com o que foi observado na atividade anterior.
Hipóteses – Resultados Possíveis
<ol style="list-style-type: none"> 1. A passagem do gás não modificará a infusão de repolho roxo. 2. A passagem de gás provocará mudança na coloração da infusão de repolho roxo.
Procedimento
Preparo da solução indicadora de pH a partir de folhas de repolho roxo
Comentários
A quantidade de gás pode variar de uma bebida gaseificada para outra, a velocidade de liberação do gás também está associada à temperatura. Essas variáveis podem fazer com que a mudança de cor ocorra mais lentamente. Manter uma na garrafa uma quantidade de líquido maior que 1/4 ou sacudir a garrafa com mais intensidade aumentam o risco de formar espuma e causar a condução de líquido para a infusão, o que invalida a atividade. Como essas situações são comuns, sugere-se ter um aparato de condução de reserva.
Registro de imagens:
Conclusões
<p>Qual a hipótese foi rejeitada?</p> <p>Considerando as observações já realizadas com a passagem de ar atmosférico pela infusão de repolho roxo, o gás do refrigerante tem composição igual ou diferente do ar atmosférico?</p> <p>Se o gás do refrigerante e o gás das pastilhas efervescentes provocam o mesmo efeito na solução indicadora, podemos supor que são iguais?</p>
Pesquisa
Como é possível determinar a composição de um gás? Como saber se duas amostras de gás são iguais?

ATIVIDADE 4	
<i>O AR QUE EXPIRAMOS É IGUAL AO QUE INSPIRAMOS?</i>	
Objetivo	
Demonstrar que o ar atmosférico (ar inspirado) é diferente do ar que expiramos, comparando a coloração da infusão de repolho roxo quando é exposta ao ar atmosférico e ao ar aspirado.	
Apresentação da atividade	
Se o ar expirado é diferente do ar atmosférico (inspirado), então, durante o breve tempo em que permanece no pulmão, o ar é modificado pelo organismo.	
Material necessário	
<ul style="list-style-type: none"> - Aparato para condução de ar atmosférico²; - Infusão de repolho roxo²; - 2 frascos incolores pequenos (Ex.: tubos de ensaio ou frascos de vidro transparente com capacidade de 10-15 ml); - Canudo para refrigerante. 	
Descrição geral	
Os efeitos da passagem de bolhas de ar atmosférico e de ar pulmonar (expirado) em frascos com infusão de repolho roxo serão comparados, usando como referência para comparação um frasco com infusão de repolho roxo que permanecerá em repouso.	
Hipóteses – Resultados Possíveis	
<ul style="list-style-type: none"> - O tipo de ar que passa pelos tubos não provoca alteração na coloração da solução: os frascos em há passagem de ar não diferem do controle. - A passagem de ar pelos frascos provoca alteração na cor da solução, mas a cor não depende do tipo de ar que borbulha na infusão de repolho roxo. A solução nos dois frascos tem a mesma cor. - A passagem de ar pelos frascos provoca mudança de coloração na solução que depende do tipo de ar. Os três frascos apresentam cores diferentes. - Há mudança na coloração da solução em um dos frascos, o outro mantém a mesma coloração da solução controle. 	
Procedimento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Coloque em três frascos pequenos, 10 ml de infusão de repolho roxo. 2. Identifique os frascos como “controle”; ar atmosférico e ar expirado. 3. Mergulhe a ponta do canudo dentro da solução que está no frasco identificado como “ar atmosférico” e assope, provocando bolhas. Mantenha essa atividade por pelo menos um minuto. 4. Compare a cor da infusão de repolho roxo do frasco em que o ar expirado foi borbulhado com o tubo controle. 5. Coloque a extremidade livre da mangueira do aparato de condução de ar atmosférico dentro da infusão de repolho roxo (tubo identificado como “ar atmosférico”) e force a passagem do ar para dentro da solução. Faça a solução borbulhar por um ou dois minutos. 6. Compare a cor da infusão de repolho roxo do frasco “ar atmosférico” com a cor do frasco controle. 	
Comentários	
<p>Não use volumes grandes de infusão de repolho roxo nos testes porque as mudanças de colorações serão muito lentas, tornando cansativa execução das atividades.</p> <p>A infusão de repolho roxo não deve ser estocada, nem ser reutilizada. Faça a infusão pouco antes de usar e em volume suficiente para que as frações que já foram empregadas possam ser descartadas.</p>	
Conclusões	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Houve mudanças de coloração em ambos os frascos? 2. Quais as hipóteses que podem ser rejeitadas com essas observações? 	
Pesquisa	
<p>Que modificação ocorre no ar quando ele passa pelos pulmões?</p> <p>Como a concentração de CO₂ aumenta no ar pulmonar?</p> <p>De onde vem o CO₂ que é liberado através da respiração?</p>	

ATIVIDADE 5	
CÉLULAS PRODUZEM GÁS?	
Objetivo	
Demonstrar que o funcionamento das células depende de condições ambientais e que o funcionamento das células modifica o ambiente onde a célula está.	
Apresentação da atividade	
Fatores ambientais como presença de nutrientes e água ou temperaturas adequadas são elementos importantes para determinar a possibilidade de sobrevivência, crescimento e reprodução dos seres vivos. As leveduras são bons organismos para demonstrações desse tipo por responderem muito rapidamente às condições ambientais favoráveis. O crescimento maior ou menor da população de células pode ser facilmente avaliado e associado às condições ambientais. A relação entre crescimento da população celular e produção de gás, pode ser usada para demonstrar de modo indireto o processo de respiração celular.	
Material necessário	
<p>Para observar a produção de gás:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Balões; - 4 garrafas PET (600 ml); - Fermento biológico; - Açúcar; - Adoçante; - Farinha de trigo. <p>Para observar o crescimento da população de células:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lâminas e lamínulas para microscopia; - Solução de azul de metileno; - Pipetas de Pasteur ou conta gotas, - 4 vidros pequenos; - Microscópio 	
Descrição geral	
Pequena quantidade de fermento biológico dissolvido em água será colocada dentro de garrafas pet com diferentes fontes de carboidratos. Na abertura da garrafa será ajustado um balão que armazenará o gás que for produzido pelas células dentro da garrafa.	
Hipóteses – Resultados Possíveis	
<ul style="list-style-type: none"> - As leveduras não produzem gás, os balões permanecem vazios. - As leveduras produzem gás em qualquer condição, todos os balões enchem de modo igual; - Dependendo do que foi adicionado no frasco junto com as leveduras haverá ou não produção de gás. 	
Procedimento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dissolva uma colher de sopa de fermento biológico em um copo com água morna. 2. Divida o conteúdo do copo em quatro garrafas pet e identifique cada uma delas com as seguintes etiquetas: açúcar; farinha; adoçante e controle 3. De acordo com a etiqueta, coloque nas garrafas uma colher (sopa) de açúcar, adoçante ou farinha de trigo. A garrafa identificada como controle não receberá nenhum tipo de carboidrato, ficará apenas com as leveduras dissolvidas em água. 4. Coloque um balão na abertura de cada uma das garrafas, cuidando para que fique bem ajustado. Se necessário use fita adesiva para garantir que não haverá vazamentos. 5. Aguarde pelo menos 30 minutos para iniciar o registro do que está acontecendo com os balões. 6. Depois de terminadas as observações, remova os balões e retire uma gota do conteúdo de cada garrafa e transfira para um frasco devidamente identificado (como a garrafa). 7. Acrescente 1 ml de água em cada vidro e dissolva a gota de levedura. 8. Em uma lâmina devidamente identificada pingue uma gota da diluição de levedura e uma gota de corante (azul de metileno) cubra com lamínula, remova o excesso de líquido com papel absorvente e observe ao microscópio. 	
Comentários	
<p>Considerações gerais:</p> <p>Se a atividade for realizada em dias frios, recomenda-se colocar as garrafas em banho-maria com água morna. Lembrar que água muito quente (acima de 60°C) pode matar as células.</p> <p>Não use garrafas grandes, frascos com menor volume fornecem respostas mais rápidas. Teste antes se as leveduras estão ativas, fermento que foi acondicionado de modo inadequado ou que já está velho não terá crescimento ou será muito lento.</p>	

Conclusões

1. É possível atribuir às células a produção do gás que infla os balões?
2. Todos os elementos que foram adicionados nos frascos permitiram produção de gás?
3. Para observação ao microscópio: É possível estabelecer alguma relação entre o número de células observadas e o conteúdo das garrafas?

Pesquisa

Por que apenas algumas combinações de levedura e carboidratos resultam em produção de CO₂?
Somente leveduras produzem CO₂ ou qualquer amostra de células faria o mesmo?
Se lipídeos (ex.: óleo de soja) tivessem sido adicionados em vez de carboidratos, o resultado seria o mesmo?

ATIVIDADE 6	
O GÁS PRODUZIDO PELAS LEVEDURAS PODE SER O MESMO DO REFRIGERANTE?	
Objetivo	
Demonstrar que o gás produzido durante o crescimento das células de levedura provoca o mesmo tipo de alteração na coloração da infusão de repolho roxo que outras fontes de CO ₂ .	
Apresentação da atividade	
Nesse experimento as informações prévias obtidas nas atividades anteriores servem de base para identificar que o gás produzido pelas células tem a mesma propriedade de alterar a cor da infusão do repolho roxo. Pela semelhança da resposta provocada na solução indicadora pode-se supor que seja o mesmo gás, pelo que já se conhece sobre o tema, o experimento pode ser uma demonstração da produção de CO ₂ .	
Material necessário	
- Tubos de ensaio com tampas; - Algodão; - Açúcar	- Infusão de repolho roxo; - Fermento biológico;
Descrição geral	
Em cada tubo de ensaio o fermento biológico ficará afastado da infusão de repolho roxo por um tampão de algodão que permitirá a difusão dos gás produzido pelas células. A mudança da coloração da infusão de repolho roxo indicará o acúmulo de CO ₂ .	
Hipóteses – Resultados Possíveis	
Em ambos os tubos a coloração da infusão de repolho roxo será mantida inalterada. Em ambos os tubos a coloração da infusão de repolho roxo sofrerá alterações. Em um dos tubos haverá alteração na coloração da infusão de repolho roxo, no outro não.	
Procedimento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar 3 ml de infusão de repolho roxo em cada tubo de ensaio. 2. Enrolar o algodão de modo a formar um tampão que possa ser ajustado dentro do tubo de ensaio. Cuide para que o algodão fique bem ajustado ao diâmetro do tubo, pois só assim servirá de suporte para a levedura. 3. Em um dos tubos adicione uma colher (chá) de açúcar e algumas gotas de água (o suficiente para umedecer o açúcar). 4. Misture uma colher (chá) de açúcar e uma colher (chá) levedura e coloque no outro tubo. Adicione algumas gotas de água para umedecer a mistura de açúcar e levedura. 5. Tapar os tubos com rolhas para evitar difusão de gases. 6. Aguarde trinta minutos para avaliar se houve ou não alterações na coloração da infusão de repolho roxo. 	
Comentários	
Como em todas as atividades com levedura, a temperatura tem papel importante nos resultados. Os resultados pode ser otimizados e obtidos mais rapidamente se os tubos forem mantidos em banho Maria (aproximadamente 30 ^o Centígrados). É importante que a mistura de levedura e açúcar fique bem úmida, mas não pode ocorrer vazamentos para a parte de baixo do tubo onde está a infusão de repolho roxo, por isso o chumaço de algodão deve estar bem ajustado ao tubo. É importante que o tubo de ensaio fique bem vedado para evitar que o gás produzido seja perdido. Se os tubos não tiverem tampas próprias, pode-se improvisar rolhas com cortiça ou com filme plástico.	
Conclusões	
Qual a hipótese pode ser descartada? A mudança na coloração da infusão de repolho roxo foi a mesma observada com a passagem de gás de refrigerante? Verifique as anotações da atividade 3. É possível concluir que esses gases são iguais?	
Pesquisa	
Que variações podem ser feitas nesse experimento, em relação aos materiais e modos de manter as leveduras isoladas, sem contato com a infusão de repolho roxo.	

ATIVIDADE 7	
O QUE ACONTECERIA SE UM ANIMAL FOSSE EXPOSTO A UMA CONCENTRAÇÃO ELEVADA DE CO₂?	
Objetivo	
Utilizando insetos, demonstrar que o CO ₂ em altas concentrações provoca redução na atividade dos animais.	
Apresentação da atividade	
Sabemos que o gás produzido pelas pastilhas efervescentes é gás carbônico (CO ₂) e que esse gás é um produto da respiração celular. A organização dos pulmões de mamíferos e a troca gasosa que ocorre nos alvéolos também são conhecidas. Mas para outros animais, com organizações anatômicas diferentes, como funciona a troca de gases? Moscas têm pulmões, com brônquios, bronquíolos e alvéolos? Para que os resultados observados nessa atividade possam ser generalizados para todos os tipos de animais é necessário que o aluno tenha uma resposta clara para essas questões. Caso contrário o efeito observado nos insetos não poderá ser “transferido” para uma situação de organismo humano. Nessa atividade <i>Drosophila</i> é apresentada como um organismo modelo para experimentos, mas um organismo só pode ser modelo se funcionar do mesmo modo que os outros.	
Material necessário	
<ul style="list-style-type: none"> - Armadilhas para coleta de <i>Drosophila</i>; - Frascos para armazenar as coletas; - Aparato condutor de gás com tampas de garrafa PET nas duas extremidades; - Câmara de observação; - Moscas (<i>Drosophila</i>); - Pastilhas efervescentes; - Água; - Garrafa PET de 600 ml; - Funil; - Isopor com gelo; 	
Descrição geral	
As moscas serão confinadas em câmaras de observação e a amostra submetida à alta concentração de Co ₂ proveniente de pastilhas efervescentes será comparada com a amostra controle exposta ao ar atmosférico.	
Hipóteses – Resultados Possíveis	
As moscas não apresentarão nenhuma mudança em presença de grandes concentrações de CO ₂ . Alguma coisa vai acontecer	
Procedimento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Com auxílio de um funil transfira as moscas das armadilhas para garrafas pet pequenas (600 ml) limpas e secas. * 2. Com o auxílio de um funil, transfira algumas moscas para a câmara de observação que servirá de controle. Antes de remover o funil, bata levemente nas laterais da câmara, fazendo com que as moscas caiam, rapidamente coloque a tampa. As moscas desse ambiente ficarão expostas ao ar atmosférico contido lá dentro. 3. Repita a operação de transferências de moscas para a câmara que receberá o gás carbônico. Essa câmara será fechada com uma das tampas do aparato de condução de gás. 4. Quando a câmara estiver devidamente fechada com a tampa do aparato, coloque na garrafa PET 100 ml de água e uma pastilha efervescente. Feche rapidamente essa garrafa com a outra tampa do condutor de gás. 5. A transferência de gás da garrafa para a câmara provocará a saída do ar atmosférico que estava na câmara e rapidamente a concentração de gás carbônico aumentará nesse ambiente. Observe as moscas durante alguns minutos e compare a atividade dos organismos dessa câmara com o controle. 6. Depois das observações, remova a tampa da câmara que recebeu gás carbônico permitindo substituição do gás carbônico por ar atmosférico e continue observando. 	
Comentários	
<p>* As moscas não devem ficar muito tempo armazenadas em garrafa PET, recomenda-se a transferência algumas horas antes do uso. Nas armadilhas elas podem permanecer de um dia para outro sem risco de desidratar.</p> <p>O tempo de observação será variável, dependendo da concentração de CO₂ que for mantida dentro da câmara. Ter pastilhas efervescentes de reserva é uma solução para evitar a interrupção das observações</p>	

antes de algum resultado conclusivo.
Conclusões
Quais as hipóteses que foram rejeitadas? Formule uma conclusão válida, decorrente exclusivamente das observações realizadas.
Pesquisa
Qual a explicação para o que foi observado?

ATIVIDADE 8
<i>A INFUSÃO DE REPOLHO ROXO É UM INDICADOR DE pH CONFIÁVEL?</i>
Objetivo
Comparar os resultados obtidos na medida de pH com a infusão de repolho roxo e com um indicador comercial e avaliar se a infusão de repolho roxo produz resultados confiáveis.
Apresentação da atividade.
<p>As medidas de pH também são usadas em situações fora do ambiente de laboratório. Quem tem aquário, por exemplo, deve medir regularmente o pH da água para verificar se está adequado ao tipo de peixes que possui.</p> <p>Para saber qual é o pH de uma solução pode-se usar um equipamento denominado pHômetro ou, o que é mais comum para quem tem aquário, usar uma solução “indicadora de pH”. Essa solução é um corante que misturado com a água do aquário pode mudar de cor dependendo do pH da água. Nessa atividade vamos utilizar solução indicadora de pH produzida com folhas de repolho roxo e comparar o funcionamento dessa solução com as que são comercializadas para medir pH de água de aquário. A tabela de cores que vem junto com a solução indicadora de pH para aquário será usada para construir uma tabela de equivalência entre cores e valores de pH para a solução indicadora produzida com folhas de repolho roxo</p>
Material necessário
<ul style="list-style-type: none"> - Infusão de repolho roxo. - Frasco de solução para medir pH de água de aquário; - Vinagre; - Comprimidos de leite de magnésia (ou outro antiácido) - Uma laranja ou limão - Solução de hipoclorito de sódio (desinfetante a base de cloro ou alvejante); - 5 frascos para armazenar as amostras; - 2 conjuntos de 5 tubos de ensaio ou frascos pequenos (15 ml); - 5 pipetas de pasteur, conta-gotas ou colheres plásticas; - Caneta para retroprojektor.
Procedimento 1
Preparo das soluções e da vidraria para investigação
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar em frascos, com identificação, aproximadamente 100 ml (meio copo) de: <ol style="list-style-type: none"> a) Vinagre b) Hipoclorito (desinfetante do tipo alvejante, com cloro) c) Água 2. Espremer o suco de uma laranja ou limão e completar o volume com água até obter aproximadamente 100 ml (meio copo). Transferir para um frasco devidamente identificado. 3. Esfarelar e depois dissolver o comprimido de leite de magnésia em alguns ml de água. Depois de dissolvido, completar o volume com água até obter aproximadamente 100 ml (meio copo). Transferir para um frasco com identificação 4. Identificar os dois conjuntos de tubos de ensaio (números, símbolos ou siglas) de acordo com a solução que irão receber (vinagre; suco de fruta cítrica; água; leite de magnésia ou hipoclorito) 5. Coloque aproximadamente 10 ml de cada uma das amostras nos tubos previamente identificados.
Procedimento 2
Medida do pH das amostras utilizando a solução indicadora comercial (para medição de pH de água de aquário)
<p>As soluções para medição de pH de água de aquário vem com uma tabela de cores que correspondem aos resultados de pH. Analise essa tabela atentamente.</p> <p>Em geral, as medidas de pH de água de aquário são feitas em pequenos frascos que acompanham a solução indicadora. Esses frascos têm uma marca que corresponde ao volume aproximado de 10 ml. Três gotas da solução indicadora são suficientes para realizar a medida.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Separe um conjunto de 5 tubos previamente identificados contendo as amostras que vão ser testadas. 2. Pingue 3 gotas da solução indicadora em cada tubo. Agite e observe o resultado. 3. Com auxílio da tabela de cores que vem junto com o produto determine em que faixa está o pH de cada solução e complete a tabela abaixo.

Tabela para registro dos resultados de medida de pH

Amostra	Identificação do frasco	Coloração da solução	pH
Vinagre			
Solução de Hipoclorito			
Solução de leite de magnésio			
Suco de fruta			
Água			

4. Reserve os frascos para comparar com os resultados da infusão de repolho roxo.

Procedimento 3

Medida do pH das amostras utilizando a solução indicadora “infusão de repolho roxo”.

Diferente da solução comercial, que tem um corante em alta concentração, a infusão de repolho roxo é uma solução com baixa concentração de pigmento. Além disso, cada vez que essa infusão é feita, pode haver variação significativa na concentração final do pigmento. Os principais fatores que interferem na produção dessa solução indicadora são o tamanho da folha e a coloração mais ou menos intensa do repolho roxo. Sendo assim, teremos que usar mais do que três gotas para obter respostas sobre o pH das soluções. Quantas gotas serão necessárias? Depende da infusão que está sendo usada!

1. No conjunto de frascos previamente preparados, coloque 1 ml da solução indicadora, agite e observe se houve mudança na coloração.

Se nessa primeira adição já for possível observar alteração na cor da solução indicadora, registre na tabela abaixo a quantidade de infusão de repolho roxo que foi pipetada e a cor que a solução apresenta.

Se não foi observada nenhuma alteração ou há dúvidas quanto ao resultado, continue adicionando 1 ml da solução e observando.

2. A medida em que os resultados forem obtidos, complete a tabela abaixo, registrando as cores e tonalidades observadas. Use para comparação a cor original da infusão de repolho roxo. A cor dessa infusão pode ser mais clara ou mais escura dependendo do pH da água usada no preparo da infusão.

Tabela para registro da coloração da infusão de repolho roxo

Amostra	Identificação do frasco	Volume de solução Indicadora adicionado	Coloração da solução indicadora
Infusão de repolho roxo	-----	-----	
Vinagre			
Solução de Hipoclorito			
Solução de leite de magnésio			
Suco de fruta			
Água			

Procedimento 4

Comparações entre os resultados obtidos com as duas soluções indicadoras.

1. Usando os resultados obtidos com a solução indicadora comercial, é possível fazer uma tabela de cores para a solução de infusão de repolho roxo?

2. As duas soluções indicadoras produziram resultados equivalentes?

3. Usando a infusão de repolho roxo, é possível determinar em que faixa de pH está uma solução que não fez parte das amostras analisadas? Proponha e execute um teste para responder essa pergunta, usando como resultado confiável os valores obtidos com o uso do indicador de pH comercial.

Conclusões

1. Sobre a possibilidade de usar a infusão de repolho roxo para medidas de pH:

2. Sobre a precisão das medidas obtidas:

ANEXO C

DIY , OS “ FAZEDORES” E A CIÊNCIA DE GARAGEM

Como uma resposta a massificação e a produção de bens em grande escala, o movimento “Do It Yourself “ (DIY) começou a ganhar adeptos nos EUA e na Europa desde a década de 60. Recuperar o valor de saber produzir coisas e desenvolver a habilidade de construir artesanalmente podem ser ideias de educar para o futuro. Em uma sociedade de alta tecnologia as pessoas perdem a cultura de “fazer”, de produzir, elas mesmas, as coisas que necessitam. Somos consumidores em grande escala e ‘aprender a fazer’ pode ser um auxílio valioso para o planeta.

Os termos usados para designar os adeptos dessa tendência são variados. “Gadget makers” identifica os aficionados por trabalhar com dispositivos e aparatos eletrônicos e também os construtores de “geringonças”, aparatos ou equipamentos mecânicos com alguma aplicabilidade no cotidiano. Os hackers, assim designados de acordo com a origem do termo dentro das comunidades de programadores, não são invasores de sites, são usuários especialistas em criar e modificar tanto a parte física como os programas de computadores. Em comum nessas definições está o fato de identificarem grupos de pessoas que podem ser descritas como amadores (não profissionais) que se dedicam a tecnologia, ciência e engenharia “feitas em casa”. São pessoas que tem por distração produzir ‘coisas’ relacionadas à CT e que espaços do domicílio para montar oficinas e laboratórios – são os ‘inventores de garagem’.

A diversidade das ações do movimento “maker” nos EUA é atestada pelas grandes feiras regionais que se desenvolvem periodicamente. As chamadas “Maker’s Faire” são uma amostra da amplitude de interesses e do número de adeptos das atividades artesanais. Uma das primeiras Maker’s Faire, realizada em 2006, em San Mateo – Califórnia/EUA, atraiu vinte mil expositores e a de 2011 atraiu mais de 100.000.

A troca de informações é uma das bases do movimento DIY nas diferentes áreas. O nível de informação de um indivíduo depende muito de uma rede de conhecimentos que são compartilhados das mais variadas formas, algumas bem tradicionais como revistas impressas, outras mais modernas como os fóruns de discussão na internet. Porém, para aprender a fazer as atividades presenciais presenciais são importantes e o reconhecimento dos benefícios da interação em um espaço compartilhado levou ao surgimento de um novo tipo de ambiente. Várias comunidades de *makers* criaram locais dedicados aos seus encontros para compartilhar experiências. Com nomes diferentes, mas com os mesmos objetivos, os espaços denominados “hackerspace”, “hackspace”, “hacklab”, “makerspace” ou “creative space” servem para reunir pessoas com interesses comuns, funcionam como laboratórios ou oficinas devidamente equipados para a realização de projetos, construções e produções. (<http://hackspace.org.uk/>).

O desenvolvimento da cultura DIY quando está associada à CT pode ter consequências variadas. O mau uso de equipamentos, a falta de informações, conhecimentos incompletos ou errados podem por em risco a saúde e o bem estar do indivíduo e de outras pessoas. Por outro lado, tem um potencial muito grande para despertar uma curiosidade permanente em relação aos temas de Ciência e tecnologia.

Vários dos adeptos Movimento Maker tem relação direta com o ensino e divulgação de Ciências e acreditam que as atividades do tipo “faça você mesmo” são a única forma de manter o interesse por CT na população, sendo essa a solução para a crise que o ensino da área científica atravessa. Somente através do envolvimento ativo na produção de itens de CT os alunos serão motivados para estudar conceitos dessas áreas. Essa ideia é compartilhada pela National Science Foundation que tem apoiado Festivais de Ciência e as “Maker’s Faire” por considerar que esses eventos mostram para crianças e jovens como a CT podem ser interessantes.

Para Flatow (2011) as atividades “DIY” colaboram manter o entusiasmo pela Ciência nos alunos depois do ensino fundamental. Para esse jornalista divulgador de CT, que há décadas produz e apresenta programas com a missão de tornar os temas dessas áreas “um tópico de discussão na mesa de jantar”, as atividades DiY podem conduzir à situação mais desejável possível: se os alunos não optarem por carreiras ligadas à Ciência, que se tornem cidadãos que permaneçam ao longo de suas vidas interessados em compreender o quanto e como a CT estão suas vidas.”

O conceito de “cidadão cientista” é utilizado pelos membros da organização DiYBio (<http://diybio.org/>) que tem como missão tornar a Biologia acessível aos ama-

dores, para que possam desenvolver seus projetos de Ciência com segurança, responsabilidade ética e com acesso para interação com especialistas de diferentes áreas.

A possibilidade de comprar equipamentos materiais e reagentes de laboratório pela Internet e principalmente a redução de custos desses itens tem permitido que pessoas com treinamento acadêmico ou simplesmente amadores entusiasmados possam desenvolver técnicas de biologia molecular em casa. Os riscos associados a essas atividades desenvolvidas em laboratórios domésticos têm sido discutidos por cientistas e legisladores. Os potenciais danos à segurança ambiental e à saúde pública são às vezes minimizados, outras elevados a níveis máximos, mas a maior dificuldade é primeiro estabelecer se deve haver limites ou não para tais práticas. Para os defensores dos hobbies envolvendo Ciência, a Biologia Molecular feita em casa se equipara ao passatempo de colecionar sementes ou observar pássaros e tem como resultado a democratização da Ciência.

ANEXO D

EXERCÍCIO DE DIVULGAÇÃO DE CT E AULAS PRÁTICAS COMPLEXAS

As aplicações tecnológicas da área biológica são muito variadas e ganham destaque de mídia muito frequentemente. Os livros didáticos incluem textos e sugestões de leitura sobre esses temas, mas as atividades práticas pela complexidade dos assuntos não são sugeridas.

As atividades de transposição didática que resultam em textos são mais comuns, porém há também a necessidade de adaptar atividades práticas.

O questionamento inicial se aplica novamente a essa atividade. Se a Ciência ensinada hoje nas escolas representa ainda a fase Naturalista, anterior à organização da grande área das Ciências Biológicas, não atendendo aos interesses e necessidades da sociedade; se as aulas são consideradas tediosas, difíceis e com excesso de nomes para decorar, as aulas práticas podem reverter esse quadro?

As aulas práticas não foram desaparecendo das escolas por não se ajustarem mais ao programa. As boas práticas da tradição naturalista poderiam ter continuado a ser apresentadas, pois estão muito adequadas aos programas. Aulas simples de observação e registro da biodiversidade, se bem executadas são consideradas motivadoras, interessantes, nem que seja pela quebra da monotonia das aulas expositivas.

Porém, junto com os estímulos para “re-introduzir” aulas práticas deve estar associada a análise de quais práticas correspondem às necessidades atuais.

Como produzir aulas práticas que contribuam para uma melhor compreensão dos fenômenos biológicos à luz do desenvolvimento atual da CT? É possível fazer cultura de células? É possível manipular embriões? É possível observar o efeito de agentes mutagênicos? Que práticas envolvendo neurociências poderiam ser incluídas nas aulas so-

bre fisiologia? Há como trabalhar com remediação ambiental nas vizinhanças da escola? Essas são questões que não podem ser respondidas sem um treinamento sólido através de vivências nos laboratórios, sejam didáticos ou de pesquisa. Para que a transposição didática seja feita de modo correto e eficiente é necessário ter a experiência de conhecer tanto a Ciência com seus métodos, quanto as necessidades e limites do ensino da Ciência.

Só a transposição didática bem feita resulta em alfabetização científica eficiente capaz de suprir as necessidades de informação do cidadão e responder, de modo consistente e útil, as curiosidades e questionamentos suscitados pela apresentação dos produtos da CT.

O desafio dessa etapa do curso é produzir um projeto de transposição didática para um tema CT que seja considerado complexo e atual e que envolva atividade prática. A proposição deverá conter uma justificativa de importância do tema, uma revisão mínima da literatura escolar (livros didáticos, revistas de divulgação e sites de internet dedicados a educação básica), a seleção de uma atividade prática relacionada ao tema. A descrição das atividades deverá incluir a listagem de recursos especializados que não podem ser substituídos e as adaptações que podem ser feitas para a realização das atividades.

O objetivo principal desse projeto não é a execução da atividade, mas o exercício de busca de alternativas para trabalhar temas complexos. Mesmo que de modo teórico, aproximar-se desses assuntos e propor formas de apresentá-los de modo mais concreto é um exercício necessário ao desenvolvimento de alfabetizadores em CT. As tentativas de execução serão apoiadas, em especial porque aulas práticas sobre temas complexos constituem uma carência para todos os níveis de ensino.

ANEXO E

PESQUISA COLETIVA SOBRE CT NO SÉCULO XIX

No século XIX, Europa e América do Norte atingem um estágio de desenvolvimento de CT únicos na história da humanidade. Os resultados da Ciência saem dos laboratórios têm aplicabilidade para o cidadão não cientista. Os primeiros produtos tecnológicos com grande utilidade no cotidiano começam a ser disseminados através de atividades empresariais, CT começam a ser importantes para movimentar a economia.

Em geral, as informações sobre aspectos históricos são difusas e pouco organizadas. O que aconteceu no Século XIX? Essa é a pergunta que deverá organizar a atividade de pesquisa e terá como apoio, se necessário o texto “Ciência e Tecnologia no Século XIX” (Anexo ...)

O objetivo dessa atividade é obter mais informações sobre a História do Século XIX em relação à CT e também arte, entretenimento, moda, esportes e política, abrangendo assim as grandes áreas de interesse cotidiano.

A estratégia adotada para essa coleta de informações será pesquisa coletiva, com os diferentes temas distribuídos entre os participantes e reunidos em uma apresentação única.

Como fonte de pesquisa será utilizada apenas a internet. Ao final, espera-se que o grupo tenha uma visão geral e diversificada sobre esse período da História e que, ao relatar as trajetórias da pesquisa para obtenção dos resultados, discuta a utilização da internet na busca de informações.

São pontos importantes nas discussões que devem encerrar a atividade: qualidade e utilidade dos sites encontrados, mecanismos e estratégias de sucesso ou insucesso nas buscas na internet, formas de registro e armazenamento das informações coletadas para que elas não sejam perdidas e constituam um acervo de informações organizadas.

Essa atividade tem por objetivo também desenvolver discussões sobre o uso eficiente da internet e tem como ponto de partida um evento específico.

A exposição de ciência e tecnologia realizada em Londres, em 1851, Denominada “A Grande Exposição” foi um marco na divulgação de CT. O progresso da Ciência foi apresentado à sociedade através de máquinas e engenhos com aplicações até então nem pensadas. A própria

construção do pavilhão, realizada em tempo , graças ao novos materiais e a inovação nos métodos de execução, foi um testemunho de dos avanços de CT que mudariam o modo de vida da sociedade.

O deslocamento rápido de cargas e pessoas pelas ferrovias; a capacidade de enviar mensagens a longa distância pelo telégrafo; a possibilidade de gravar registros sonoros e reproduzi-los; a possibilidade de registrar e reproduzir imagens com boa qualidade; a melhoria nos métodos de impressão; o desenvolvimento da química orgânica, o fim das trevas...

Todas essas e outras inovações do século XIX precisaram ser divulgadas entre a população. A figura ao lado é uma reprodução de modelos de aviso que acompanhavam a instalação das lâmpadas elétricas



Naquele momento de transição tecnológica, vários empreendimentos dependiam da alfabetização científica da população. Na atualidade não é muito diferente, ainda que os temas sejam outros e os produtos bem mais complexos.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDROS, C. & CONSTANTINO, C. P. Hands-on Technology Education for Teachers: The Role of the Technology Fair Project as a Mechanism for Developing Problem-Solving Skills IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrió BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 287-302. Disponível em: <http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>. Acessado em janeiro de 2011.
- AMORIN, L. Reunião da SBPC na Baixada: Demanda por professores de Física só seria atendida em 84 anos com o número de formados hoje. JC e-mail 3509, de 12 de Maio de 2008. Disponível em http://www.jornal_daciencia.org.br/Detail.jsp?id=55987>. Acessado em janeiro de 2011.
- ANGOTTI, J. A.P. Ensino de ciências e complexidade. [centro de ciências da educação/ufsc](http://www.ced.ufsc.br/men_5185/artigos/angotti_ensino_de_ciencias.htm) Disponível em: http://www.ced.ufsc.br/men_5185/artigos/angotti_ensino_de_ciencias.htm. Acessado em setembro de 2011.
- ARRUDA, S. M. & LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências. In: NARDI, R. (Org.). Questões atuais no ensino de Ciências. Escrituras Editora, 1998.
- AXT, R. & MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. Revista de Ensino de Física, 13, p. 97-103, 1999.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.

- BRASIL, <http://portaldoprofessor.mec.gov.br> Acessado em janeiro/2012
- BRASIL, <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/espacoDaAula.html>. Acessado em janeiro/2012.
- BRASIL. Ministério da Educação. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. v. 2. Ciências da Natureza, matemática e suas Tecnologias. Disponível em : http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acessado em janeiro de 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. 2001 Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acessado em janeiro de 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. 2005. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acessado em janeiro de 2010.
- BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BRUSH, S. Should the History of Science Be Rated X? The Way That Scientists Behave (According to Historians) Might Not Be a ‘Good Model’ for Such Students. *Science*, 183:1164–1172. 1974. Disponível em: <http://oregonstate.edu/instruct/hsts414/doel/SB_H_S_rated_X.pdf > Stable URL:<<http://links.jstor.org/sici?sici=0036-8075%2819740322%293%3A183%3A4130%3C1164%3ASTHOSB%3E2.0.CO%3B2-E>> Acessado em janeiro de 2012.
- BUENO, R. S. M. & KOVALICZN, R. A. O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf>>. Acessado em janeiro de 2012.
- Campos, R. C. & Gouveia, J. A. A História da Química contada por suas descobertas. Disponível em: <http://web.ccead.puc-ri.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_a_historia_da_quimica_contada_por_suas_descobertas.pdf >. Acessado em setembro de 2011.

Can DIY Movement Fix a Crisis in U.S. Science Education?
http://www.pbs.org/newshour/bb/science/jan-june11/makerfaire_06-29.html .

CARLAN, F. A. ; SEPEL, L. M. N. ; LORETO, E. L. S. Aplicação de uma webquest associada a atividades práticas e a avaliação de seus efeitos na motivação dos alunos no ensino de biologia. REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 9, p. 261-282, 2010. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART15_VOL9_N1.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.

CASTRO, M. C. P. S. Física: o desafio de formar mestres. Diversa / UFMG , 7 (15), agosto de 2008. Disponível em:<http://www.ufmg.br/diversa/15/index.php?option=com_content&view=article&id=71%3Afisica&Itemid=33>. Acessado em janeiro de 2011.

CAVICCHI, E. M. Historical Experiments in Students' Hands: Unfragmenting Science through Action and History. Science & Education, 17, p.717–749, 2008.

CFB - CONSELHO FEDERAL DE BIOLOGIA – CFBio - RESOLUÇÃO No- 227, DE 18 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em: <<http://www.crbio3.org.br/bancoimg/100923104325Res227.pdf>>. Acessado em janeiro de 2012.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. Revista Brasileira de Educação, ANPEd, n. 26,p. 89-100, 2003.

CHEVALLARD, Y. Les processus de transposition didactique et leur theorization. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Les_processus_de_transposition.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.

COSTA, M. F. M. Hands-on Science. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrío BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 1- 13, 2008. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI%20LOW%20RES.pdf>>.Acessado em janeiro de 2011.

DEMO, P. Sócio-Interacionismo. Disponível em:<<http://pedrodemo.sites.uol.com.br/textos/sinteracionismo.html>>. Acessado em janeiro de 2011.

DOWNEY, M. Issue in-depth: teacher shortage: classroom needs new infusion of applicants. Disponível em: <<http://www.ajc.com/opinion/con>

- [tent/printedition/2008/09/14/teached.html?cxntlid=inform_artr](http://www.hsci.info/HSCI2008/09/14/teached.html?cxntlid=inform_artr)>. Acessado em janeiro de 2012.
- DUARTE, M. C.; SEQUEIRA, M. & BARBOSA, P. Practical Work to Promote Interdisciplinarity between Physical and Natural Sciences: A Teaching Experiment with 7th Grade Portuguese Students. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrió BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 255-260. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>.Acessado em janeiro de 2011.
- DUSCHL, R. Science Using and Abusing: Relating History of Science to Learning and Teaching. 2000. http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1a/c1/90.pdf.
- FERNANDEZ-GONZALEZ, M.. Ciencias para el mundo contemporáneo. algunas reflexiones didácticas Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 5 (2): 185-199. 2008.
- FLATOW, I. DIYSci. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencefriday.com/blog/2011/10/dyi-sci>>. Acessado em janeiro de 2012.
- FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A. & GOUVEIA, M.S.F. O ensino de Ciências no primeiro grau. São Paulo, Atual, 2006.
- FRAUENFELDER, M. Maker Faire and the Growth of Do-It-Yourself. 2011. Disponível em: <<http://www.entrepreneur.com/article/220527>>. Acessado em janeiro de 2012.
- FREITA, D. & Villani, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), 7 (3): 35. 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci/?go=artigos&idEdicao=24>>. Acessado em janeiro de 2011.
- GALIAZZI, M.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S. & GONÇALVES, F. P. G.. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. Ciência & Educação, 7(2): 249-263.2001. Disponível em : <www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/08.pdf>. Acessado em setembro de 2010.

- GASPARIN, J. L. A construção dos conceitos científicos em sala de aula. Publicação eletrônica, acessada em julho/2010; URL: http://www.pesquisa.uncnet-br/pdf/palestraConferencistas/A_CONSTRUCAO_DOS_CONCEITOS_CIENTIFICOS_EM_SALA_DE_AULA.pdf
- GATT, S. (b) Constructivism 25 Years on: Its Contribution, Missed Opportunities?. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrío BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 141-155. 2008. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>.Acessado em janeiro de 2011.
- GATT, S. Promoting the construction of Knowledge during Practical Work. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrío BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 100-128. 2008. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>.Acessado em janeiro de 2011.
- Gil Pérez, D., FURIO, M., C., VALDÉS, P., SALINAS, J., MARTINEZ-TORREGROSA, J.; GUIASALA, J.; GONZALEZ, E.; DUMAS-CARRÉ, A. G.; O. & PESSOA-CARVALHO, A. M. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de practicas de laboratorio?: Enseñanza de las Ciencias,1990,17 . <http://ayura.udea.edu.co/~fisica/MATEFISICA/TALLER%20DE%20FISICA/ARCAHIVOS/TIENE%20SENTIDO%20SEGUIR%20DISTINGUIENDO.PDF> . Acessado em janeiro de 2012.
- GOODAY, Graeme. (2005) U-rated not x-rated: reassessing how science students could benefit from learning history of science,” <http://prs.heacademy.ac.uk/view.html/prsdocuments/68>.
- GOODAY, Graeme; LYNCH, John M; WILSON, Kenneth G.; BARSKY; Constance K. (2008). Does Science Education Need the History of Science? FOCUS—ISIS, 99 (2):322-330. <http://lynch.faculty.asu.edu/pub/reprints/gooday2008.pdf>
- GOULD, S. J. Dinossauro no palheiro: reflexões sobre história natural. São Paulo, Companhia das Letras, 1997.

- Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 360-359. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>. Acessado em janeiro de 2011.
- LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. & NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/07.pdf>. Acessado em janeiro de 2011.
- LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000. Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1%3C71::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-C/pdf](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1%3C71::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-C/pdf)>. Acessado em janeiro de 2012;
- LUMPE, A. T. & OLIVER, J. S. Dimensions of hands-on science. *The American Biology Teacher*, 53 (6): 345-348. 1991. Disponível em:<<http://www.jstor.org/pss/4449322>>. Acessado em setembro de 2010.
- MAIENSCHEIN, Jane, (2000). Why Study History for Science? *Biology and Philosophy*, 15:339–348
- MICHAELIDES, P. G. & MILTIADIS, T. Science Teaching with self-made apparatus. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrió BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 46-54. 2008. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>. Acessado em janeiro de 2011.
- MICHAELIDES, P. G. State of the art of Science teaching. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrió BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 14- 24, 2008. Disponível em:<<http://www.hsci.info/HSCI2008/hsci2008/PROC%20HSCI2008%20LOW%20RES.pdf>>. Acessado em janeiro de 2011.
- MILES, R. L. & STAPLETON, J. N. What About Becoming a Science Teacher? Disponível em: <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/milesetal.pdf> Acessado em janeiro de 2012.
- MILLAR, R. Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, v. 77, n. 280, p. 7-18, 1996. Disponível em: <<http://www.esrc.ac.uk/my->

esrc/grants/L485274015/outputs/Download/59cc7d10-2b16-4e00-bb8b-a2502299b0ca+MILLAR+Towards+a+science+curriculum+for+public+understanding&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=AD-GEESjYZvrpRY87Oisp2gvLiWVMZLs0i2DlrS5uvkUDnZo-eGAWfE2-xiLZ9tlf9ToN0eN6OXTkVVOQG85jqHardcSyNyuACFmRFEbt4CFc80JmUMKKP8qNYPBajoofSGFMAicae9bf&sig=AHIEtbTci8fpck-gtelxAJi0n-KD5A9gxw>. Acessado em janeiro de 2012.

MIRSKY, Steve. (2006) Teach the Science. *Scientific American*, 226: 36–38. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=teach-the-science>

MORAES, R. O significado da experimentação numa abordagem construtivista: O caso do ensino de Ciências. In: BORGES, R. M. R. & MORAES, R. (Orgs.) *Educação em Ciências nas séries iniciais*. Porto Alegre, Sagra Luzzato, 1998.

NATIONAL SCIENCE WEEK – 2006 REPORT . A Commentary by the Teaching and Learning Research Programme – III. Science education in schools: Issues, evidence and proposals. Disponível em: <http://www.tlrp.org/pub/documents/TLRP_Science_Comentary_FINAL.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.

NRC - National Research Council. Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning. Steve Olson and Susan Loucks-Horsley, *Editors* Washington D.C.: National Academy Press. 2000. Disponível em: <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596 & page=R1>. Acessado em junho de 2010.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Report. Disponível em: <<http://www.oecd.org/home/>>. Acessado em janeiro de 2010.

OSBORNE, J & DILLON, J. Science Education in Europe: Critical Reflections - A Report to the Nuffield Foundation. Disponível em: <http://www.pollen-europa.net/pollen_dev/Images_Editor/Nuffield%20report.pdf>. Acessado em setembro de 2010.

OSBORNE, J. Science Education for the Twenty First Century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3 (3): 173-184. 2007. Disponível em:

- <http://www.ejmste.com/v3n3/EJMSTE_v3n3_Osborne.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.
- PALMA FILHO, J. C. Cidadania e Educação. Cadernos de Pesquisa. n.104, p.101-121. São Paulo: 1998 <http://educa.fcc.org.br/pdf/cp/n104/n104a07.pdf>
- PESCOVITZ, D. Making the Future: What DIY Culture is Telling Us About Tomorrow. Disponível em: <http://www.southgatearc.org/news/december2009/making_the_future.htm>. Acessado em janeiro de 2012.
- PIBID-BIOLOGIA-UFSM. Construindo microscópios. Vídeo. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=7-PwVOKfaKM&feature=player_embedded> Acessado em dezembro de 2011.
- POSSOBOM, C. C. F.; OKADA, F. K. & DINIZ, R. E. S. Práticas de laboratório no ensino de Biologia e de Ciências: relato de uma experiência. Publicação eletrônica, acessada em julho/2010. URL: [http:// 200.189.113.123/diaadia/diadia/arquivos/Image/conteudo/artigos_teses/2011/biologia/artigos/atividades_praticas.pdf](http://200.189.113.123/diaadia/diadia/arquivos/Image/conteudo/artigos_teses/2011/biologia/artigos/atividades_praticas.pdf)
- QUEVEDO-JESUS, M. F. de et al. Existe interesse dos alunos por aulas práticas de biologia? Publicação eletrônica, acessada em janeiro/2011. URL: http://cacphp.unioeste.br/eventos/semanadabio2007/resumos/EE_04.pdf
- ROSA, P. R. S. A Teoria de Vygotsky. Disponível em <http://www.dfi.ccet.ufms.br/prrosa/Pedagogia/Capitulo_5.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.
- SABATTINI, M. Alfabetização e Cultura Científica: conceitos convergentes? Revista Digital Ciência & Comunicação, 1(1):2004. Disponível em: <<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/01/artigos/artigo5.asp>>. Acessado em março de 2011.
- SALVADEGO, W. N. C.; Laburú, C. E. & Barros, M. A. Uso de atividades experimentais pelo professor das Ciências Naturais no ensino médio: relação com o saber profissional. 1º CPEQUI – 1º CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA. UEL – 10 A 13 DE AGOSTO DE 2009. Disponível em: http://www.uel.br/eventos/cpequi/Completos_pagina/18253746020090614.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.
- SANTOS, P. R. A questão da neutralidade no ensino de ciências. I Jornada de Educação, Ciência e Tecnologia, Semana da Educação FEUSP - maio 2004. Disponível

- em: http://www.paulords.tripod.com/Artigos/index_Copy_4.htm. Acessado em janeiro de 2011.
- SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios Revista Brasileira de Educação v. 12 n. 36 set./dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n36/a07v1236.pdf>. Acessado em janeiro de 2012.
- SEPEL, L. M. N.; ROCHA, J. B. T. & LORETO, E. L. S. Construindo um microscópio II - Bem simples e mais barato. Disponível em: http://www.geneticanaescola.com.br/ano6vol2/MS01_001.pdf. Acessado em janeiro de 2012.
- SEPEL, L.M.N.; LORETO, E.L.S.; ROCHA, J.B.T.; Using a replica of Leeuwenhoek microscope to teach the history of Science and to motivate students to discover the vision and contributions of the first microscopists. Cell Biology Education, 8:338-343, 2009.
- SHAMOS, M. H. The myth os science literacy. 1995 Disponível em Googles books: http://books.google.com.br/books?id=1Wu6chnUAiYC&pg=PR3&hl=ptBR&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q&f=false >. Acessado em janeiro de 2012.
- SOUSSAN, G. Como ensinar as ciências experimentais? *Didática e formação*. Brasília, Edições UNESCO BRASIL, 2003. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001335/133536por.pdf>. Acessado em agosto de 2010.
- TEIXEIRA, P. M. M. Educação científica e movimento CTS. no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 3 (1): 88-102. 2003. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V3N1/v3n1a7.pdf>. Acessado em janeiro de 2011.
- TERDIMAN, D. Maker Faire more popular than ever. 2008. Disponível em: http://news.cnet.com/8301-13772_3-9935358-52.html. Acessado em janeiro de 2012.
- TRNA, J. Motivation and Hands-on Experiments. IN.: Selected Papers on Hands-on Science. Costa MF, Dorrió BV, Michaelides P and Divjak S (Eds.); Associação Hands-on Science Network, Portugal. Páginas 221-230.

- TROGELLO, A. G. & PEGORARO, T. Avaliação da condição dos laboratórios de Biologia dos colégios públicos paranaense: quanto aos materiais. URL: Disponível em: <http://cac-php.unioeste.br/eventos/OLD_mesmo_antigos/semanadabio2007/resumos/EE_02.pdf> Acessado em julho/2010;
- UNESCO. Educação, um tesouro a descobrir. IN: Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação no Século XXI. Delors e colaboradores, 1996. Disponível em [WWW.microeducacao.com.br/concurso/ConcursoPEBII2009/B-Delors-EducacaoUm% 20Tesouro% 20a% 20 Descobrir.pdf](http://WWW.microeducacao.com.br/concurso/ConcursoPEBII2009/B-Delors-EducacaoUm%20Tesouro%20a%20Descobrir.pdf) Acessado em março/2011.
- UNESCO. Organizações das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. (2007). Ensino de ciências: o futuro em risco. Série Debates IV. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf>.
- VASCONCELOS, A. L. S.; COSTA, C. H. C.; SANTANA, J. R. & CECCATTO, V. M. Importância da abordagem prática no ensino de biologia para a formação de professores (licenciatura plena em Ciências / habilitação em biologia/química – uece) em Limoeiro do Norte – CE. Publicação eletrônica acessada em julho/2010. URL: [http://www.multimeios.ufc.br/arquivos/pc/congressos/ congressos-importancia-da-abordagem-pratica-no-ensino-de-biologia.pdf](http://www.multimeios.ufc.br/arquivos/pc/congressos/congressos-importancia-da-abordagem-pratica-no-ensino-de-biologia.pdf)
- WERTHEIN, J. & CUNHA, C. – Organizadores. Ensino de Ciências e Desenvolvimento: o que pensam os cientistas- 2.ed. -- Brasília: UNESCO, Instituto Sangari, 2009. Disponível em: [http://unesdoc.unesco.org/images/ 0018/001859/185928por.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001859/185928por.pdf). Acessado em janeiro de 2012.
- WILSON, Kenneth G.; BARSKY, Constance K. (1998). Applied Research and Development: Support for Continuing Improvement in Education. *Daedalus*, 127:233–258.
- WOLINSKY, H. Kitchen biology The rise of do-it-yourself biology democratizes science, but is it dangerous to public health and the environment. *European Molecular Biology Organization (EMBO) Reports*, 10 (7): 685. 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2727445/>> . Acessado em janeiro de 2012.