

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

**O PROCESSO DE EXPERIMENTAÇÃO
PROMOVENDO APRENDIZAGENS E
COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS**

TESE DE DOUTORADO

Paulo Henrique dos Santos Sartori

Santa Maria, RS, Brasil

2012

O PROCESSO DE EXPERIMENTAÇÃO PROMOVENDO APRENDIZAGENS E COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS

Paulo Henrique dos Santos Sartori

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde,
Área de Concentração em Educação em Ciências,
da Universidade Federal de Santa Maria,
como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Élgion Lúcio da Silva Loreto

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).

Sartori, Paulo Henrique dos Santos
O Processo de Experimentação Promovendo Aprendizagens e Competências Científicas / Paulo Henrique dos Santos Sartori.-2012.
227 p.; 30cm

Orientador: Élgion Lúcio da Silva Loreto
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. Processo de Experimentação 2. Aprendizagens Científicas 3. Competências Científicas I. Loreto, Élgion Lúcio da Silva 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**

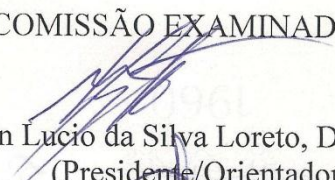
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado**

**O PROCESSO DE EXPERIMENTAÇÃO PROMOVENDO
APRENDIZAGENS E COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS**

elaborada por
Paulo Henrique dos Santos Sartori

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.

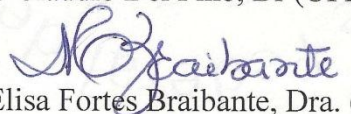
COMISSÃO EXAMINADORA:


Élgion Lucio da Silva Loreto, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)


Gilberto Orengo de Oliveira, Dr.(UNIFRA)


Renata Hernandez Lindemann, Dra (UNIPAMPA)


José Cláudio Del Pino, Dr (UFRGS)


Mara Elisa Fortes Braibante, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 31 de Agosto de 2012.

DEDICATÓRIA

DEDICO ESTE TRABALHO À MEMÓRIA DE MEU PAI ALBERI SARTORI
QUE, PELO EXEMPLO, SEMPRE SOUBE ME ORIENTAR E GUIAR
CUJA BONDADE E AMOR DEIXARAM MARCAS PROFUNDAS
E DE QUEM TENHO SAUDADES ETERNAS...
MEU MELHOR AMIGO... MEU HERÓI

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria, que oportunizou a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa concedida durante determinado período.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação. Dentro e fora das salas de aula, aprimoramos entendimentos, conflitamos convicções e enriquecemos ideias, num prazeroso ambiente de convívio.

À Viviane, da Secretaria do Programa de Pós-Graduação, pela gentileza no atendimento e no esclarecimento de dúvidas e pela presteza dispensada muito além do exigido para suas funções.

Aos professores Dr. Ricardo Andreas Sauerwein e Dr. Joecir Palandi pela leitura do trabalho de qualificação da Tese e pelas valiosas sugestões apresentadas.

Aos professores Dr. Gilberto Orengo de Oliveira, Dra. Renata Hernández Lindemann, Dr. José Cláudio Del Pino, Dra. Mara Elisa Fortes Braibante, ilustres e honrados membros da banca, pela análise do trabalho.

Aos meus mestres do passado e amigos de sempre, Carmem I. Eismann, Gelsa A. Lima Teixeira, Derli V. Padilha Beck e Luis G. Moreira pelo apoio e motivação constantes, pelo privilégio da convivência e pela sabedoria partilhada.

Aos meus amigos da Universidade de Cruz Alta e da Escola Municipal Prof. Larry José Ribeiro Alves pelo estímulo e apoio.

Aos meus queridos alunos e alunas da turma C32 da Escola Municipal Prof. Larry José Ribeiro Alves que participaram alegremente das atividades propostas, colaborando para o bom andamento da pesquisa.

À minha família que, mesmo à distância, me incentivou e torceu por minhas realizações.

À minha mãe Avani que sempre me deu força, encorajou-me a ser perseverante e ajudou-me a suportar as agruras do caminho.

À minha amada esposa Zenilda que além de auxiliar-me na solução de problemas, no ajuste e adequação do texto, contribuiu na fotografia e edição de imagens, nos debates filosóficos madrugadas adentro, sempre me apoiando. Pela sua compreensão e amor em todos os momentos.

Ao meu orientador, professor Élgion Lúcio da Silva Loreto, pela confiança plena no meu trabalho e respeito aos meus pensamentos. Partilhamos da mesma paixão pela ciência e por nossos experimentos e criações. Nos momentos em que mais precisei sempre esteve presente estendendo a sua mão. Não cabem em palavras o meu sincero agradecimento e a minha mais profunda consideração e estima!

EPÍGRAFE

Scientia est Experiens

Paracelsus

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria

O PROCESSO DE EXPERIMENTAÇÃO PROMOVENDO APRENDIZAGENS E COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS

AUTOR: PAULO HENRIQUE DOS SANTOS SARTORI

ORIENTADOR: ÉLGION LÚCIO DA SILVA LORETO

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 31 de agosto de 2012.

A experimentação tem sido uma prática pouco e inadequadamente explorada no espaço escolar assumindo funções de demonstração e verificação, predominantemente centradas no resultado final. Propomos, então, focalizar o seu processo, ou seja, efetuar uma constante exploração de tudo o que compõe e acontece durante a realização de um experimento. Através do exame minucioso de cada etapa pode-se discutir e contrastar conhecimentos e, ao mesmo tempo, construir habilidades e competências. No ensino fundamental, o aluno está imerso no universo de uma Ciência unificada que permite o resgate e a valorização de uma visão mais integrada dos fenômenos científicos. Neste contexto buscamos constatar o potencial do processo de experimentação para promover aprendizagens e competências científicas em um grupo de vinte e seis alunos do 3º ano do 3º ciclo (equivalente ao 9º ano) do ensino fundamental de uma escola pública localizada numa região de alta vulnerabilidade social na periferia do município de Porto Alegre. Os alunos foram estimulados a elaborar, montar e executar experimentos, passando por etapas gradativas de familiarização com materiais e aparelhos. Durante o desenvolvimento das atividades, realizadas em doze horas-aula intercaladas com as aulas regulares, analisamos as ações, o comportamento e a produção textual e material dos alunos, por meio de relatórios, questionários e registros escritos, adotando uma metodologia de observação participativa, no intuito de coletar aspectos qualitativos relacionados à promoção de competências e aprendizagens científicas decorrentes do processo de experimentação. A avaliação dos resultados revelou a aprendizagem de inúmeros conceitos relacionados aos fenômenos estudados e a formação e consolidação de múltiplas e relevantes competências pertinentes à educação científica.

Palavras-chave: Processo de experimentação, aprendizagens científicas, competências científicas.

ABSTRACT

Doctoral Thesis
Post-Graduation Program in Science Education:
Chemistry of the Life and Health
Universidade Federal de Santa Maria

THE PROCESS OF EXPERIMENTATION PROMOTING SCIENTIFIC LEARNINGS AND COMPETENCES

AUTHOR: PAULO HENRIQUE DOS SANTOS SARTORI
ADVISER: ÉLGION LÚCIO DA SILVA LORETO
Defense Place and Date: Santa Maria, August 31st, 2012.

The experimentation has been a practice little and inadequately explored in school space assuming functions of demonstration and verification, predominantly focused on the end result. We propose, then, to focus on the process, that is, to perform a constant exploration of everything that makes up and happens while conducting an experiment. Through the careful examination of each step it is possible to discuss and contrast knowledge and, at the same time, build skills and competences. In elementary school, the student is immersed in the universe of a unified science, which allows the rescue and the recovery of a more integrated vision of scientific phenomena. In this context we recognize the potential of the process of experimentation to promote learning and scientific competences in a group of twenty six students from 3rd year of the 3rd cycle (equivalent to 9th year) of elementary public school located in a region of high social vulnerability on the outskirts of the city of Porto Alegre. Students were encouraged to develop, assemble and perform experiments, through gradual steps of familiarization with materials and devices. During the development of the activities carried out in twelve class hours interspersed with regular classes, we analyzed the actions, behaviour and material and textual production of the students, through reports, questionnaires and written records, adopting a participatory observation methodology, in order to collect qualitative aspects related to promoting competences and scientific learning arising from the process of experimentation. The assessment of the results revealed the learning of countless concepts related to the studied phenomena and the formation and consolidation of multiple and relevant competences, which are pertinent to science education.

Key words: Process of experimentation. Scientific learnings. Scientific competences.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Competências que podem derivar das atividades experimentais	62
Figura 3.2 – Esquema da estrutura linear tradicionalmente associada ao modo de organização de um experimento científico didático	63
Figura 3.3 – Diagrama sobre as características fundamentais do processo de experimentação e suas relações com o ponto de partida e com os resultados	64
Figura 3.4 – Esquema das inter-relações entre diferentes aspectos do conhecimento envolvido num experimento didático	66
Figura 5.1 – Esquema da onda eletromagnética e desenhos e imagens sobre o espectro eletromagnético e suas faixas	92-93
Figura 5.2 – Conteúdo introdutório sobre ondas	93-95
Figura 5.3 – Descrição dos tipos de ondas eletromagnéticas e as transmissões de rádio e televisão	96-98
Figura 5.4 – Materiais usados para montagem do circuito elétrico simples e para o experimento de transmissão e recepção de sinais	102
Figura 5.5 – Ilustração do radiocondutor de Branly. A – Visão do conjunto do aparato. B – Detalhe do coesor	103
Figura 5.6 – Materiais usados na montagem do experimento do efeito Branly	105
Figura 5.7 – Esquema das partes do coesor de Branly	106
Figura 5.8 – Esquema de montagem do sistema de transmissão e recepção sem fio	107
Figura 5.9 – Materiais usados nos experimentos sobre luminescência. Em destaque, a câmara de exposição ultravioleta	113
Figura 5.10 – Amostras de alguns materiais sob iluminação ambiente (A) e sob luz ultravioleta (B)	114
Figura 6.1 – Esquema do circuito montado pelo grupo 1	136
Figura 6.2 – Desenho do aparato montado pelo grupo 2	137
Figura 6.3 – Capa do relatório do experimento 1 do aluno A-01	141
Figura 6.4 – Página 1 do relatório do experimento 1 do aluno A-01	142

Figura 6.5 – Página 2 do relatório do experimento 1 do aluno A-01	143
Figura 6.6 – Capa do relatório do experimento 2 do aluno A-01	144
Figura 6.7 – Página 1 do relatório do experimento 2 do aluno A-01	145
Figura 6.8 – Relatório do experimento 1 do grupo 3	146
Figura 6.9 – Relatório do experimento 2 do grupo 3	147
Figura 6.10 – Relatório do experimento do grupo 4	148
Figura 6.11 – Capa do relatório dos experimentos 1 e 2 do grupo 5	149
Figura 6.12 – Excerto da página 1 mostrando o relatório do experimento 1 do grupo 5	150

LISTA DE TABELAS

Tabela – Experimentação dirigida <i>versus</i> experimentação exploratória	75
Tabela – Relação de alunos participantes da pesquisa e seus respectivos códigos identificadores	86
Tabela 6.1 – Respostas da questão 1: O que você entende que seja um raio?.....	124
Tabela 6.2 – Respostas da questão 2: O que você entende que seja uma faísca?.....	126
Tabela 6.3 – Respostas da questão 3.a: Que tipos de ondas provêm (saem) de um raio?.....	127
Tabela 6.4 – Respostas da questão 3.b: Que tipos de ondas provêm (saem) de uma faísca?.....	127
Tabela 6.5 – Respostas da questão 4: Você acha que estas ondas que você citou poderiam causar interferência em algum aparelho? Qual delas?.....	128
Tabela 6.6 – Respostas da questão 5: O que você entende por transmissão “wireless” (sem fio)?.....	129
Tabela 6.7 – Respostas da questão 6: Se você acha que esta transmissão ocorre através de onda(s), qual a classificação dela(s)?.....	130
Tabela 6.8 – Respostas das questões 7.a, 7.b e 7.c para o teste pós-teoria (TPT)	130
Tabela 6.9 – Respostas das questões 8.a, 8.b e 8.c para o teste pós-teoria (TPT)	131
Tabela 6.10 – Respostas das questões 7.a e 7.b do teste pós-experimento (TPE)	132
Tabela 6.11 – Comparativo entre o TPT e o TPE: percentual de respostas pertinentes (excluídas as respostas em branco)..	134
Tabela 6.12 – Respostas do primeiro experimento: concentração e luminescência	157
Tabela 6.13 – Respostas do segundo experimento: tipo de substância adicionada e luminescência	158

Tabela 6.14 – Distribuição do número de alunos em relação a participação no questionário	160
Tabela 6.15 – Panorama geral dos itens da avaliação geral feita pelos alunos	162

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 – Relação dos processos experimentais com a descrição das suas fases e número de horas-aula (h-a)	90
Quadro 5.2 – Relação de conhecimentos e competências relacionadas à familiarização com os materiais e montagens básicas	101
Quadro 6.1 – desenvolvimento de competências e conhecimentos relacionados durante a demonstração do efeito Branly (PE I – 5ª fase)	138
Quadro 6.2 – Relação de hipóteses a respeito do fenômeno da luminescência da clorofila	151
Quadro 6.3 – Respostas da questão 1: Observar as demonstrações e verificar a diferença quando a luz UV está acesa e quando está apagada	153
Quadro 6.4 – Respostas da questão 2: Apontar as possíveis causas dos fenômenos	154
Quadro 6.5 – Respostas da questão 3: Quais fatores do experimento podem ser variados?.....	155
Quadro 6.6 – Respostas da questão 4: Você poderia usar esta propriedade da luz UV para investigar alguma coisa? O quê?.....	156
Quadro 6.7 – Respostas do questionário sobre fenômenos de luminescência	160
Quadro 6.8 – Avaliação sobre o item 1: criatividade	163
Quadro 6.9 – Avaliação sobre o item 2: percepção/conhecimento sobre os fenômenos estudados	164
Quadro 6.10 – Avaliação sobre o item 3: capacidade de explorar/investigar os assuntos	165
Quadro 6.11 – Avaliação sobre o item 4: compreensão/entendimento sobre os conceitos abordados	166
Quadro 6.12 – Avaliação sobre o item 5: habilidade em montar/preparar materiais/aparelhos	167

Quadro 6.13 – Avaliação sobre o item 6: Capacidade de identificar as variáveis/elementos que influem nos fenômenos	168
Quadro 6.14 – Avaliação sobre o item 7: capacidade para elaborar hipóteses (suposições, teorias) para explicar o que estava acontecendo	169
Quadro 6.15 – Avaliação sobre o item 8: você acha que aprende melhor fazendo experiências ou sem fazê-las? Explique	170
Quadro 6.16 – Avaliação sobre o item 9: aprendizagem durante e após cada experimento	171
Quadro 6.17 – Avaliação sobre o item 10: aprendizagem, habilidades e percepção de detalhes durante uma experiência	172

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Relatórios dos Experimentos Livres Não Apresentados	189
Anexo B – Relatórios do Experimento sobre Luminescência da Clorofila	193

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Autorização Institucional – Documento de Solicitação	203
Apêndice B – Projeto de Pesquisa Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UFSM	205
Apêndice C – Câmara de Exposição Ultravioleta	226

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1 A EXPERIMENTAÇÃO CIENTÍFICA E A ESCOLAR	25
2 O VALOR DIDÁTICO DA EXPERIMENTAÇÃO	39
3 EXPERIMENTAÇÃO E FORMAÇÃO DE COMPETÊNCIAS..	53
4 A FILOSOFIA DA EXPERIMENTAÇÃO E IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS	69
5 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO	85
5.1 Método de Coleta de Dados	87
5.2 Processo Experimental	89
5.2.1 Processo Experimental I	91
5.2.2 Processo Experimental II	108
5.2.3 Processo Experimental III	110
5.3 Avaliação Geral	119
6 RESULTADOS E ANÁLISES	123
6.1 Resultados do Processo Experimental I	123
6.2 Resultados do Processo Experimental II	139
6.3 Resultados do Processo Experimental III	151
6.4 Resultados da Avaliação Geral	162
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	175
REFERÊNCIAS	181
ANEXOS	189
APÊNDICES	203

INTRODUÇÃO

“A experiência mais bela que podemos viver é o mistério; ele é a fonte de toda a verdadeira arte e de toda a verdadeira ciência. Quem não conhece esta emoção, quem já não possui o dom de se maravilhar, mais valia que estivesse morto, pois os seus olhos estão fechados”.

Albert Einstein

Nos anos de 1907 e 1908, por iniciativa de Marie Curie e com a colaboração de colegas como Paul Langevin e Jean Perrin, desenvolveu-se um projeto original de ensino dirigido aos seus filhos, que logo ficou conhecido como “a cooperativa”. Entre as diversas matérias a ensinar, um empenho singular foi feito para o ensino das matérias científicas, baseado na realização de experiências pelas próprias crianças. Coube a Marie ministrar aulas de física elementar, nas quais, além de seus métodos de pesquisa, lhes transmitia seu amor pela ciência e seu prazer pelo trabalho.

Em suas lições, costumava passar-lhes simples exemplos de bom senso, conforme descrito por Ève Curie (1937 apud CHAVANNES, 2007, p. 22):

- Como vocês fariam para conservar quente o líquido contido neste recipiente? – pergunta ela [Marie] um dia.
- Logo [os alunos] propõem soluções engenhosas: envolver o recipiente com lã, isolá-lo com processos refinados... e impraticáveis.
- Marie sorri e diz:
- Pois bem, eu começaria por colocar uma tampa.

Essa passagem revela o quão importante é ter uma noção prática, elementar e eficaz, para solucionar um problema num determinado contexto. Tal noção pode ser constituída em um ambiente que favoreça o aprendizado de maneira concreta, onde a interação entre o sujeito e o objeto de investigação possa ser realizável.

No prefácio do livro *Aulas de Marie Curie*, Yves Quéré da Academia de Ciências da França, ressalta que é possível perceber na atitude de Marie,

uma mudança de uma ciência vertical (conhecimentos despejados de um cérebro para outro) para uma ciência horizontal, onde as crianças, guiadas pela mão de um adulto, avançam sem dificuldade no campo do saber. Para Quéré (2007 apud CHAVANNES, 2007, p. 13-14), a palavra-chave desta mudança é a passagem à ação, isto é, à experiência:

É bem verdade que Marie Curie é especialista nesta matéria. Porém uma coisa é fazê-la, em seu laboratório, no nível mais alto da descoberta científica, outra é *imaginá-la acessível às crianças, realizável por elas, próxima do dia-a-dia e ao mesmo tempo rica de um sentido profundo* [grifo nosso].

E eis que o milagre acontece. Marie Curie, com um tubo em U na mão, fala. E, mais ainda, coloca – ao mesmo tempo em que suscita – perguntas (como se pode saber que...? O que pressiona o mercúrio...? Como...? Por que...? O que aconteceu...? Vocês acham que...?), perguntas que são as de cada um, principalmente aquelas com que nos bombardeiam as crianças todos os dias. Elas as faz suas, trazendo as crianças à resposta, em uma *maieutica que se desenvolve na observação, na experimentação e na reflexão* [grifo nosso]. Felizes crianças que, fabricando um barômetro, manipulando hastes de trigo mas também bombas de água, bexigas de porco mas também (recentes na época) lâmpadas incandescentes, se iniciam naturalmente nas leis da natureza! Felizes crianças a quem se fala de uma “bela experiência” e que por si mesmas – sem que de forma alguma o fim procurado tenha sido *diverti-las* – “refazem a experiência e riem”. [...] Felizes crianças cuja inteligência e imaginação são solicitadas a cada momento.

A relevância de uma boa aprendizagem científica, bem como de saber reconhecer e aplicar os conhecimentos científicos, é determinante tanto para a continuidade da formação escolar quanto para aqueles que concluirão apenas o ensino fundamental. É neste patamar de educação que se estruturam as bases dos saberes e capacidades mínimas para compreensão de assuntos futuros e/ou mais complexos ou mesmo do mínimo necessário para o exercício da cidadania.

Uma formação consistente em ciências no ensino fundamental é altamente desejável e vem, de maneira crescente, inquietando educadores e pesquisadores na área. Tal preocupação se expressa no aumento de artigos, publicações e notícias tanto em mídias acadêmicas e oficiais como em mídias formais e informais, os quais enfocam a questão de forma cada vez mais contundente. Um recente alerta sobre o tema foi a divulgação dos resultados obtidos por alunos brasileiros no Programa Internacional de Avaliação de Alunos – PISA (em particular, na edição de 2006 cuja ênfase foi na área de

Ciências) situando-os nas últimas posições. Além do domínio de conhecimentos científicos básicos, é examinada a capacidade dos alunos de analisar, raciocinar e refletir ativamente sobre seus conhecimentos e experiências, enfocando competências que serão relevantes para suas vidas futuras. Mesmo considerando que tal avaliação não esteja adequada ao contexto brasileiro ou que seus resultados não sejam realmente representativos, o caso constitui um preocupante indicativo da ineficiência da formação educacional neste nível.

Existem diferentes abordagens para analisar tanto as causas como as consequências da atual situação, bem como para apontar potenciais e viáveis soluções. A opção pelo viés metodológico adotado neste trabalho (que corresponde a apenas uma parcela do complexo universo educacional) não pretende apontar uma solução ou uma diretriz, por mais razoável que, porventura, se configure. Intenciona sim em colaborar na construção, afirmação e consolidação de uma “boa prática”, calcada na valorização do processo de experimentação, que, se bem implementada, pode ser capaz de promover aprendizagens e competências científicas de maneira significativa.

Para além de questões ligadas aos resultados ou a certo “utilitarismo imediato”, o escopo mais expressivo de um bom ensino de ciências reside na sua capacidade de mobilizar e motivar o aluno, aguçando sua curiosidade e criatividade. Neste sentido a experimentação é um foro privilegiado.

Interessa-nos considerar, também, um aspecto fundamental no processo de aprendizagem que é a perspectiva do aluno. A conexão que ele estabelece com o experimento, e que tem profunda relação com seu valor didático, talvez perpassasse pelo significado da palavra experiência dado por Bondía:

Começarei com a palavra *experiência*. Poderíamos dizer, de início, que a experiência é, em espanhol, “o que nos passa”. Em português se diria que a experiência é “o que nos acontece”; em francês a experiência seria “ce que nous arrive”; em italiano, “quello che nos succede” ou “quello che nos accade”; em inglês, “that what is happening to us”; em alemão, “was mir passiert”. (BONDÍA, 2002, p. 21, grifo do autor).

A experiência é o que *nos passa*, o que *nos acontece*, o que *nos toca*. Não o que se passa, não o que acontece, ou o que toca. A cada dia se passam muitas coisas, porém, ao mesmo tempo, quase nada nos acontece. Dir-se-ia que tudo o que se passa está organizado para que

nada nos aconteça. Walter Benjamin, em um texto célebre, já observava a pobreza de experiências que caracteriza o nosso mundo. Nunca se passaram tantas coisas, mas a experiência é cada vez mais rara. (BONDÍA, 2002, p. 21, grifo nosso).

De certa forma, tanto mais significado terá a experiência para o aluno quanto mais ela “o tocar”, “o atingir”, fizer “algo acontecer nele”. É bem verdade que isto poderia ser dito para qualquer atividade didática e não, exclusivamente, para as atividades experimentais. Porém, estas possuem a singular capacidade de envolver mais diretamente o aluno no processo de construção de sua aprendizagem, fazendo-o interagir bem mais, com diversos objetos de diferentes formatos e materiais; com maior número e variedade de conceitos, características e propriedades. Os estímulos sensoriais e o apelo ao raciocínio estão sempre presentes, se sucedem e se interligam constantemente, ampliando e maximizando as possibilidades de que muitas coisas aconteçam no aluno.

Nos capítulos seguintes procuramos balizar assuntos diretamente relacionados ao processo de experimentação que julgamos pertinentes para o debate, por vezes difícil, que envolve o mote principal.

No capítulo inicial, discutimos a questão relativa às diferenças e semelhanças entre a experimentação científica e a escolar, suas consequências para a prática educativa e as condições para sua efetivação no espaço escolar.

No segundo capítulo, resgatamos o valor didático do processo de experimentação, procurando dar-lhe o devido status no âmbito educacional.

As competências que podem emergir do processo de experimentação são analisadas no terceiro capítulo e servirão de referência para posterior análise dos resultados.

No capítulo quatro, aprofundamos nossos referenciais ao nível filosófico, onde arrazoamos as relações entre teoria, observação e experimentação, bem como possíveis decorrências para a educação científica.

No quinto capítulo, apresentamos o método de trabalho e seu desenvolvimento em procedimentos experimentais que foram realizados

pelos alunos e, no sexto capítulo, exploramos e analisamos os resultados obtidos.

Ao término do trabalho, no capítulo sete, teceremos algumas considerações dentro do contexto efetivamente trabalhado, procurando reavaliar os pressupostos assumidos e o apontamento de possíveis construções originais.

1 A EXPERIMENTAÇÃO CIENTÍFICA E A ESCOLAR

“O cientista não estuda a natureza por sua utilidade; ele a estuda por prazer, que advém do fato de a natureza ser bela. Se não fosse bela, não valeria a pena conhecê-la, não valeria a pena viver”.

Henri Poincaré

Yves Quéré percebe que tudo o que a escola, juntamente com a Academia de Ciências (da França), tenta realizar através do *Mão na Massa* (*La main à la patê*)¹, está maravilhosamente pré-anunciado no trabalho de Marie Curie e sua “cooperativa”.

[...] quem mergulhou, por pouco que seja, na aventura apaixonante do *Mão na Massa*, como não encontrar aqui notáveis paralelos e intuições antecipadoras? E como não reconhecer que tudo está aqui já em movimento: a acumulação dos pontos de interrogação que são pontos de partida de toda ciência; a importância da experiência realizada pelas próprias crianças; a dialética que se estabelece então entre a experimentação e a reflexão, entre as mãos e o cérebro, entre a realidade e a imagem que dela fazemos, dialética que fundamenta toda a pesquisa – científica, histórica, sociológica... [...]; enfim, o contato que se estabelece entre o mundo da pesquisa [...] e o do ensino fundamental (QUÉRÉ, 2007 apud CHAVANNES, 2007, p. 14-15).

Este excerto resume bem o viés relacional que deve ocorrer entre a experimentação científica e a escolar, bem como suas inúmeras qualidades decorrentes. Seja no âmbito acadêmico, seja no escolar, o que os sujeitos envolvidos procuram está baseado na investigação, na exploração dos fenômenos, na percepção das variáveis intervenientes, nas múltiplas conexões que se estabelecem. Ao se espelhar nos procedimentos acadêmicos a experimentação escolar quis seguir atitude semelhante ao tratar a ciência, adotando e adaptando exemplos e princípios.

Para compreender a origem desta relação faz-se necessário buscar, na raiz da experimentação científica, os fundamentos que podem ser

¹ *La main à la patê* (<http://lamap.inrp.fr/>) é um sítio do INRP (Institut National de Recherche Pédagogique) que auxilia professores, pedagogos e instituições a pôr em prática um ensino de ciências de qualidade na escola primária.

transpostos para o ensino de ciências. Cabe aqui apoiar-se no que refere Jiménez (1994 apud VIANNA; CARVALHO, 2000, p. 31) quando aponta a “... necessidade de haver coerência entre a produção do conhecimento científico e a forma como este conhecimento é reconstruído em situação escolar...”.

Quando a escola “incorporou” a prática experimental, ocorreu uma espécie de importação dos métodos usados em ciência pelas academias e pelos laboratórios de pesquisa. Certamente há que considerar as peculiaridades dos ambientes e, como referem Agostini e Delizoicov (2009, n. p.), “muitos professores chegaram a identificar metodologia científica com metodologia do ensino de ciências, não distinguindo claramente as demandas e características de cada uma dessas instâncias”.

Nesse sentido, Selles (2008 apud AGOSTINI; DELIZOICOV, 2009) considera a experimentação no espaço escolar como uma problemática ao explicitar as inter-relações entre cultura científica e cultura escolar. Apoiando-se em estudos curriculares, bem como na historicidade da disciplina biologia, argumenta que a experimentação científica difere da experimentação didática e que, traços do contexto de produção do conhecimento são recontextualizados no ambiente escolar, uma vez que a experimentação didática não é, em si, inventiva.

[...] imerso na cultura escolar, o método didático de experimentação se diferencia das práticas laboratoriais próprias da produção dos conhecimentos científicos não apenas porque lhe falta suporte material específico, mas porque as forças seletivas ao operarem no interior de uma cultura distinta, acabam por reconfigurar o objeto a ser estudado. Isso requer reconhecer que as especificidades da experimentação didática exigem, por exemplo, ressignificação das noções de erro, controle e resultados[...] (SELLES, 2008 apud AGOSTINI; DELIZOICOV, 2009, n. p.).

Está correto pensar que a maior parte das proposições em atividades experimentais na escola não é inerentemente projetada para criar, mas a imaginação e o engenho devem ser características constantemente buscadas e estimuladas na prática experimental didática. É importante explorar os fundamentais aspectos e elementos presentes nos clássicos e tradicionais experimentos. Da mesma forma, incentivar a produção de novas e diferentes

atividades experimentais se configura igualmente relevante pois, além de expandir os alicerces do raciocínio, ajuda na criatividade.

Kirschner (1992) é contundente a esse respeito. Apoiando-se na ideia de Summers (1982 apud KIRSCHNER, 1992, p. 275) de que, “em Ciências Naturais, epistemologicamente, a forma como o conhecimento é adquirido e os procedimentos de validação aceitos, são essencialmente experimentais”, muitos professores têm a impressão que, sendo a experimentação central para as Ciências Naturais, também pode ser central para o currículo da ciência escolar. Para ele:

A origem nesta forma de pensar pode estar na falha em distinguir entre *ensinar/aprender* ciência e *fazer* ciência. Os objetivos dos primeiros não necessariamente devem coincidir com o último. Educadores e inovações curriculares têm operado e se reformado sob a crença de que a forma como a ciência é praticada é também a melhor forma para ensinar e aprender ciência (KIRSCHNER, 1992, p. 275, tradução nossa).

Hudson (1988 apud KIRSCHNER, 1992, p. 275), em alusão ao que denomina “a mitologia da profissão de ensinar ciências”, insinua que talvez isto aconteça porque os professores de ciências são condicionados a considerar os experimentos, frequentemente usados em ciência, como uma necessária e integral parte da educação científica.

Eles confundem *fazer ciência* com *aprender ciência* e *aprender sobre ciência*. Ao fazer isso, educadores também confundem trabalho prático e seu propósito em educação científica com experimentos e seus propósitos em pesquisa científica. Seus equívocos residem em fazer vista grossa sobre o fato de que estudantes não praticam ciência, mas estão *aprendendo sobre* ciência e/ou *aprendendo a* praticar ciência e este é o trabalho do professor ao ensinar ciência, ensinar sobre ciência, e ensinar como fazer ciência (HUDSON, 1985 apud KIRSCHNER, 1992, p. 275-276, grifo do autor, tradução nossa).

Este pensamento encontra outros adeptos, como Pacheco (1997), que não acredita, como preconiza o modelo da aprendizagem por descoberta, que da experimentação nasça a teoria, numa perspectiva empírico-indutivista. Todavia, vê a clara necessidade dos alunos se relacionarem com os fenômenos sobre os quais se referem os conceitos. Nesse sentido, fala em experimentação no ensino de ciências como algo complementar e necessário

ao processo educacional. Revela também que não intenta uma superposição dos métodos de investigação científica aos métodos de ensino de ciências, pois isso deturparia a dimensão pedagógica mais coerente com os processos através dos quais o aluno constrói seu conhecimento. Em situações de experimentação, com caráter investigativo, os alunos têm seus próprios métodos de proceder diante do fenômeno e, com eles, suas próprias concepções e organicidade sobre o referido fenômeno. Deve-se oportunizar a expressão de suas concepções dos fenômenos de forma direta, experimental, ou de forma indireta, através de registros desses fenômenos.

Em que, exatamente, não é possível aprender ciência ou sobre ciência praticando ciência ou usufruindo de seus métodos (ou tentando se aproximar deles ou simulá-los)? Talvez, em certas circunstâncias, seja possível ir além: *aprender ciência durante o processo de experimentação*. Seria esta “confusão” entre prática científica e ensino de ciências realmente responsável pelo propalado insucesso das práticas experimentais na escola? Uma “com fusão” destes fazeres traria mais benefícios do que malefícios. As consequências desse conflito não seriam tão desastrosas ou se configurariam motivo de real preocupação. Qual o prejuízo efetivo? Se a atividade científica é tão restrita aos laboratórios acadêmicos nem de longe “corre-se o risco” de praticá-la no ambiente escolar. Se o professor adota alguns procedimentos semelhantes é sempre numa tentativa de instruir, de simular, de se aproximar do que acontece no ambiente de origem. Constatar que, de fato, os alunos não praticam ciência ajuda concretamente no quê? A delimitar os ambientes? A situar os alunos e os professores? A dizer-lhes de maneira clara e transparente que, de modo algum, fazem ciência e que quem faz isso são os cientistas no laboratório? E que não podem, nem devem, “misturar” as coisas?

O que se entende, exatamente, por fazer ciência? Em que momento da aula deve-se tomar as referidas recomendações: não confundir fazer ciência com aprender sobre ciência e aprender ciência? Durante uma aula de química, por exemplo, no momento em que um aluno mistura o conteúdo de dois tubos de ensaio, seria apropriado interromper o procedimento e alertar: Pare! Agora você está fazendo ciência! Ou misturar reagentes químicos não é

fazer ciência? Ou será que praticar ciência pode, afinal parece não haver uma clara distinção entre praticar ciência e fazer ciência. Seria possível delimitar exatamente o que é o fazer ciência e bem estabelecer suas fronteiras? Os argumentos anteriores parecem reforçar a ideia de que a *prática* de fazer ciência deve ficar restrita aos laboratórios e ser feita exclusivamente por cientistas. De fato, é a atividade típica destes profissionais. Fora deste contexto talvez seja descabido falar que se está, realmente, fazendo ciência. Mas para a prática pedagógica isso faz diferença? No âmbito escolar é comum a simulação e reprodução dos processos de produção do conhecimento praticados pela sociedade. Seria, talvez, aconselhável alertar colegas de outras áreas, pois, por analogia, tais “recomendações” (para não dizer restrições) também servem para arte, história, matemática, etc. Quais as consequências imagináveis caso sejam ignoradas? Talvez os alunos não criem ou construam compêndios científicos, matemáticos ou artísticos “dignos” de fazerem parte do conhecimento formal dessas áreas. Mas, muito provavelmente, ocorrerá uma contribuição para a construção e criação de seus próprios compêndios nestas áreas, em bases mais concretas e de maneira bastante significativa.

[...] é mais relevante questionar onde há criatividade e não o que e quem é criativo, pois os suportes culturais poderão prover de forma variada acesso aos conhecimentos, de modo que algo que se apresenta como uma novidade em determinado contexto, pode não ser em outro. Neste caso, este elemento novo, em um local em que era desconhecido, pode ser considerado criativo, mesmo que não produzindo alterações em uma determinada área do conhecimento (CSIKSZENTMIHALYI, 1988 apud GONTIJO, 2007, n. p.).

Sob o argumento de que, na maioria das vezes, os alunos estão apenas reproduzindo experimentos sacramentados, na verdade não estariam fazendo ciência. Mas, sacramentados para quem? Para os cientistas e para os que, em sua formação escolar ou acadêmica tiveram acesso a tais experimentos. Possivelmente, para a grande maioria dos alunos que estão nas escolas, eles nunca foram realizados. Quando o forem, os educandos estarão experienciando novidades, aspectos diferentes ainda inexplorados. Esquece-se que muitos dos fenômenos e experimentos que fazem parte do rol didático do currículo escolar são familiares a determinados grupos

(privilegiados), mas não ao estudante que, portanto, não estabeleceu com eles qualquer relação ou contato.

O debate estende-se naturalmente ao âmbito dos conteúdos. Como afirmam Brockington e Pietrocola (2005, p. 390):

O que percebemos é que não existe uma neutralidade na apresentação dos conteúdos, e sim a criação de uma Física Escolar, que embora possua vínculos com a Física Científica, se mostra completamente modificada e transformada (OFUGI, 2001 apud BROCKINTON; PIETROCOLA, 2005, p. 390).

Mais que razoável, é até desejável que ocorra a produção de um novo saber, mesmo com os riscos inerentes ao processo de criação. *As motivações e objetivos de se ensinar e aprender ciências são extremamente diferentes daqueles presentes no fazer científico.* Há uma mudança de nicho epistemológico, o que implica numa inevitável transformação do conhecimento. Por isso, o Saber Ensinado e o Saber Sábio, embora conectados, são diferentes [grifo nosso].

Não há dúvidas quanto o deslocamento epistemológico e conseqüente transformação do conhecimento. Porém, reforça-se aqui, com excessivo rigor, que as motivações e objetivos do fazer científico são distintos do aprender/ensinar científico. Quando se apresenta um experimento para que o aluno discorra algumas hipóteses sobre o que está acontecendo, ou para que colete dados, mensure e controle certas variáveis; quão diferentes são as motivações e objetivos do aluno e do cientista? Pode-se dizer que ambos adotam práticas e processos similares (com singularidades, sem dúvida, mas essencialmente análogos), os quais são executados sobre a mesma matéria-prima (a natureza) com o intuito de conhecer e/ou aprimorar um conhecimento (o conteúdo). Sabe o cientista, por acaso, tudo sobre sua ciência? Ou, tal qual o aluno, está a cada dia também explorando, investigando e aprendendo sobre ela?

Considerar as pesquisas realizadas pelos alunos do ensino fundamental uma atividade sem potencial, restringindo-as tão somente ao âmbito escolar, também é discutível. Até que ponto estas pesquisas não podem ter um “status” científico? Incentivar este tipo de atividade seria inócuo? Ilustres cientistas e pesquisadores do Brasil e do mundo apostam muito na pesquisa escolar mediada pela atividade experimental.

O neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis é idealizador e cofundador do Instituto Internacional de Neurociência de Natal Edmond e Lily Safra (IINN-ELS) que mantém a Escola Alfredo Monteverde (considerada a primeira escola-laboratório de ciências do Brasil), onde ciência é ensinada de forma experimental para as crianças no período em que não estão na escola pública. São várias oficinas, entre as quais: Ciência e Tecnologia, Ciência e Arte, Invenções, Robótica, História, Química, Biologia e Física. Para Nicolelis a escola superou todas as expectativas e afirma: “As crianças se sentem felizes. A escola é um ambiente de criatividade, liberdade e de produção cultural” (LAURENZA, 2007, n. p.). Destaca que:

Basicamente, as crianças brincam de ser cientistas, aprendendo conceitos de pesquisa e o que é possível fazer quando a mente se desenvolve. Elas têm a chance de saber quais são as ferramentas disponíveis para a produção de conhecimento, o que as transforma em pensadores críticos e enriquece a cultura científica (TRISTÃO, 2007, n.p.).

Esta iniciativa é semelhante ao projeto ABC da Iniciação Científica – Mão na Massa, com aval da Academia Brasileira de Ciências, que procura transformar conceitos científicos em experiências concretas. O projeto é uma espécie de versão brasileira do *Hands On* dos anos de 1990, criado pelo Nobel de Física Leon Lederman que acreditava que a aprendizagem prática de ciências daria uma chance às crianças miseráveis que viviam em torno da Universidade de Chicago. Com este mesmo espírito, a periferia de Paris foi agraciada em 1996 com o já referido *La Main à La Pâte* por iniciativa de outro laureado George Charpak (LAURENZA, 2007, n. p.).

No Brasil já são doze polos espalhados pelo país desde a implantação, em 2001, pelo professor do Instituto de Física da USP e ex-diretor da Estação Ciência de São Paulo, Ernst Hamburger. Seu ex-orientando, Ivo Leite Filho, químico e doutor em educação pela USP, propõe o método similar ao *Mão na Massa* denominado “curiosismo-exploratório” no qual “o aluno observa, registra, compara e associa os fenômenos da natureza, anota [tudo] em um diário de bordo” cabendo ao professor orientar os trabalhos experimentais e manter um acervo ainda que modesto de instrumentos e materiais (relógio, cronômetro, fita métrica, filme revelado de raios X, etc). A

proposta também pretende dar um passo além, familiarizando o aluno da educação básica com a pesquisa acadêmica: “O aluno escolhe um projeto para pesquisar e é orientado pelo professor. Na sequência, a escola organiza seminários que mesclam diferentes projetos e séries.” (LAURENZA, 2007, n.p.).

Grandes instituições e empresas mundiais ligadas à pesquisa, promoção e divulgação científica também estão se associando para resgatar uma velha prática: a feira de ciências. A parceria entre *Google*, *LEGO*, *National Geographic*, *Scientific American* e a Organização Europeia para Pesquisa Nuclear (CERN) promove o *Google Science Fair*, oportunizando a alunos do ensino fundamental e médio de todo o mundo desenvolverem projetos de pesquisa científicos. A repercussão das pesquisas realizadas por alguns dos vencedores é tão expressiva que os cientistas acabam trabalhando em suas investigações.

A apropriação do saber refere-se à educação e ao ensino enquanto que a produção do saber refere-se à investigação científica. Em se tratando de metodologia, a diferença entre a de ensino e a científica é a natureza do método. Reconhecemos aqui a especificidade das metodologias. No entanto, tal reconhecimento não constitui a negação das suas relações (NUNES, 1992).

Explicando melhor: o saber precede a ciência. A ciência é construída pelo e no saber acumulado, transmitido social e culturalmente. Se há algum grau de genialidade e criatividade no insight da produção do cientista, isso não ocorre pura e simplesmente por alguns talentos particulares, mas por sua reflexão sobre um saber construído socialmente. Aqui fica clara novamente a ideia de *ciência como processo*. E, nesse caso, produção e apropriação do saber como categorias do conhecimento se aproximam, porque ambas são mediações do conhecimento do mundo pelo homem (NUNES, 1992, p. 39, grifo nosso).

Tanto a produção do saber como a sua apropriação são (ou deveriam ser) trabalhadas nas metodologias de ensino. A especificidade do aspecto pedagógico presente nas metodologias de ensino é redimensionada: ao ensinar uma ciência não se está apenas transmitindo um conhecimento, mas se está *ajudando quem aprende a construir um conhecimento*. Isso não significa que quem aprende vá construir sozinho o que as ciências já

construíram através de séculos, o que seria mesmo impossível. O que se pretende é que a *atividade intelectual de quem aprende corresponda à atividade intelectual do cientista*. Fica claro, assim, a questão de que a ciência e o saber divergem quanto ao método, mas não quanto à natureza do conhecimento (NUNES, 1992).

Campos (1983 apud NUNES, 1992, p. 40), referindo-se ao ensino da matemática, exemplifica com propriedade essa tese:

[...] a própria concepção da matemática ciência dimensionou o ensino da matemática. Assim, se a matemática é entendida como ciência em construção, que implica em atividade e questionamento por parte de quem a desenvolve, *o ensino da matemática deixa de se preocupar com a transmissão do saber sobre matemática e passa a se preocupar com a construção do saber matemático* [grifo nosso].

As metodologias de ensino que envolvam apenas técnicas de transmissão de conhecimento, memorização e automatização de procedimentos impedem quem aprende uma ciência de *vivenciar esse processo de construção do saber científico* (NUNES, 1992).

Em Science Education International (1997 apud GIOPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998), sugere-se uma série de prioridades que pode auxiliar na transformação do ensino de Ciências, tornando o processo mais dinâmico e participativo, entre as quais propõe-se *minimizar perspectivas que separem conhecimento científico de seu processo de produção*, ou seja, uma *aproximação entre o saber e o fazer científico*. Para estimular a investigação, recomenda-se abolir a referência que se tem sobre experimentação como simples manipulação de materiais e equipamentos ou de mera comunicação de resultados obtidos por procedimentos fora de contexto; além disso, diminuir atividades que apenas demonstrem ou verifiquem conhecimentos científicos, na ânsia de se obter a resposta final. Em suma, reitera-se a importância de explorar a jornada de construção do conhecimento científico, captando elementos do percurso e valorizando o processo de experimentação em si.

Trumper (2002) afirma que grande parte dos currículos desenvolvidos nos anos 1960 e 1970 foi idealizado para ter, no centro do processo de aprendizagem científica, experiências de laboratório (Shulman e Tamir,

1973) que, além de estimular a prática na manipulação de instrumentos e materiais, eram pensadas para *ajudar no desenvolvimento da compreensão conceitual dos estudantes*.

É difícil imaginar *aprender a fazer ciência*, ou *aprender sobre ciência em geral, sem praticar no laboratório ou fazer trabalho de campo*. Dado que a experimentação é a base de todo conhecimento e entendimento científico, *laboratórios são maravilhosos cenários para ensinar e aprender ciência* (TRUMPER, 2002, p. 221, tradução e grifo nossos).

É amplamente aceito que a educação científica escolar deve proporcionar ciência especializada aos estudantes com explicação científica do mundo natural e dos processos de investigação científica. Estes dois aspectos estão relacionados: alguns dos fatos, conceitos, leis e teorias da ciência envolvem uma *compreensão das formas pelas quais tal conhecimento chegou a ser estabelecido* e de nossas garantias para aceitá-lo como válido. Como resultado, a prática do trabalho de laboratório é largamente usada como uma *estratégia pedagógica* e também vista como *crucial no desenvolvimento de uma compreensão dos procedimentos da investigação científica* (BLACK, 1993; LUBBEN; MILLAR, 1996 apud TRUMPER, 2002, p. 221, tradução e grifo nossos).

A adequação de uma prática tradicionalmente realizada em laboratórios e com métodos bem estabelecidos não poderia, obviamente, ser transposta para o ensino tal qual se apresenta no contexto original, impondo a necessidade de ajustes e adequações. Porém, talvez isto ocorra com muito menos frequência do que se imagina, pois os métodos científicos praticados pelos cientistas não são familiares à grande maioria dos professores e, tampouco, estão expressos nos livros didáticos ou materiais similares. Este distanciamento, em parte motivado pelo grande progresso científico e refino tecnológico e, por outra, pela falta de tempo para estudo e atualização dos professores (mergulhados no excesso de tarefas burocráticas), está se tornando um problema. Muito em breve, estarão a professar ideias defasadas e inconsistentes, fatos e conhecimentos incompatíveis com a realidade científica que é muito dinâmica e interconexa. Mesmo durante a formação acadêmica nas licenciaturas, o contato e a imersão dos futuros educadores com a chamada ciência formal, são cada vez mais escassos. As atividades experimentais de bancada não são promovidas com regularidade ou profundidade. Em particular nas modalidades de ensino à distância, este quadro parece se agravar ainda mais. A perda do referencial de como a

ciência é produzida implica, para o educador científico, na transformação do seu ofício em mero informante de um conteúdo pronto, o qual não possui a mínima ideia de como foi gerado.

A maioria dos professores, graduados em ciências e supostamente familiarizados com as atitudes de um cientista, praticamente desconhece os princípios básicos da atividade científica (ROCHA; SOARES, 2005 apud GONTIJO, 2007, n. p.).

São muitos os fatores que distanciam cada vez mais o professor e o aluno do laboratório, das atividades experimentais e das condições razoáveis de suas realizações. O cenário atual está mais favorável a outras práticas mais cômodas, menos trabalhosas, mais rápidas, com menos uso de recursos, mais baratas. Aulas que não tenham tantos “problemas” de preparação (montagem, testagem, ajuste, aferição, pesagem, padronização, coleta) de materiais, equipamentos, aparelhos, instrumentos, ferramentas, reagentes, vidrarias, acessórios; de desenvolvimento (não funcionamento, quebra, queima) e de pós-aula (limpeza, desmontagem, organização, armazenagem, conserto, manutenção, acompanhamento). Cada uma dessas etapas tem dificuldades inerentes que requerem dedicação, tempo e busca de soluções.

Os fatores “desestimulantes” ainda incluem: a carência de apoio operacional e técnico (falta de monitor ou auxiliar, de manuais, de materiais); os riscos inerentes (machucar-se, expor-se a substâncias tóxicas ou perigosas, queimar-se, levar choques) e a necessidade de adaptar ou construir apetrechos alternativos. Muitos professores ignoram a montagem e o funcionamento de aparelhos e instrumentos do laboratório e, por medo de estragar, acabam não usando. Nas recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental (BRASIL, 1998) consta que as atividades envolvendo ameaças à integridade física (uso de fogo, eletricidade, substâncias prejudiciais, materiais perfuro-cortantes, etc) devem ser evitadas. Em muitos experimentos, porém, não é possível prescindir destes itens. Para a realização segura de alguns experimentos é necessário submeter-se ao risco em grau máximo (preparando reagentes diluídos, manuseando voltagens elevadas, trabalhando com fogo, materiais

cirúrgicos). Com o objetivo de minimizar os perigos para o aluno, alguns professores optam por fazer demonstrações ou preparam materiais substitutos. Para confeccionar materiais alternativos, devem manusear ferramentas e recorrer a técnicas específicas; práticas que não são familiares ou agradáveis à maioria dos professores. Poucos se animam a enfrentar tantas e variadas dificuldades. Acabam diminuindo a frequência de realização deste tipo de atividade. Para o abandono total é uma questão de tempo.

Talvez seja um exagero imaginar, embora já realidade em grande parte das escolas, a “extinção prática” do laboratório de ciências. Ele existe como um espaço físico nominado, mas não é usado. A disseminação de inúmeros laboratórios de informática nas escolas – o que é louvável e necessário – tem levado a um abandono ainda maior dos laboratórios de ciências. E o esperado seria uma integração das novas tecnologias com as atividades experimentais. Apesar de não haver uma relação direta, parece haver uma “substituição”, talvez devido à comodidade e/ou adequação ao ambiente mais “moderno”. Quando não são subutilizados, os laboratórios acabam virando depósitos ou sendo desativados para “ceder espaço” para salas de aula ou outros ambientes de aprendizagem que estão em moda. Conforme apontam Gioppo, Scheffer e Neves (1998, p. 49):

Historicamente, esse quadro tem se repetido. Em Ciências, os kits Bender [kits de física] pereceram em suas caixas fechadas, foram subutilizados ou, ainda, inutilizados pela perda de seus componentes. Quantos microscópios não foram deixados cobertos de pó ao sabor de tantas reformas educacionais?

Não se apregoa aqui que as atividades experimentais devam ser realizadas exclusivamente no laboratório, porém é o ambiente especificamente projetado para ser o mais adequado e propício ao desenvolvimento destas atividades. E a conquista histórica deste espaço não foi nada fácil, mas a sua perda, com certeza, será irreparável.

[...] é sem dúvida interessante dispor-se na escola de uma sala reservada para as aulas práticas. A existência desse espaço permite o acondicionamento, com segurança, do material específico, bem como daquele construído pelos alunos, assegura a preservação dos experimentos que requerem acompanhamento durante vários dias

ou semanas e aumenta o leque de opções no planejamento das experiências. Um local cuja utilização é habitual por alunos e professores torna-se um espaço vivo de enriquecimento e produção de conhecimento.

No entanto, não se pode limitar a realização de atividades experimentais ao espaço de laboratório com materiais convencionais. Alguns experimentos podem ser perfeitamente realizados com materiais e espaços alternativos; tal procedimento pode, inclusive, contribuir para desenvolver outras habilidades, como a de selecionar e aproveitar materiais não consagrados (GIOPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998, p. 44-45).

Com a diminuição e/ou desaparecimento dos espaços típicos para trabalhar com ciência poderá haver, por “efeito dominó”, um decréscimo na quantidade e qualidade de aulas práticas e de atividades experimentais.

2 O VALOR DIDÁTICO DA EXPERIMENTAÇÃO

“Impressão de um assombro desse tipo experimentei eu, tendo uns três ou quatro anos, quando o meu pai me mostrou uma bússola. O fato de aquele ponteiro se comportar de maneira tão determinada não se enquadrava na natureza dos acontecimentos possíveis de se localizarem no mundo inconsciente dos conceitos. Lembro-me - ou, pelo menos, creio lembrar-me - que essa experiência produziu em mim uma impressão profunda e duradoura. Devia existir algo oculto por detrás das coisas”.

Albert Einstein

O depoimento de Einstein revela a força daquilo que, à primeira vista, seria considerado uma simples observação, mas que “o tocou” de modo intenso (o que corrobora os significados do termo experiência referenciados por Bondía (2002) anteriormente) e instigou sua curiosidade. Provavelmente com a idade que tinha, poucas concepções prévias possuía a respeito do fenômeno que se revelava a ele. Confessa, numa análise retroativa do ocorrido, que o comportamento do ponteiro “*não se enquadrava na natureza dos acontecimentos possíveis de se localizarem no mundo inconsciente dos conceitos*”. O trabalho desenvolvido por ele sempre foi uma referência da construção livre do pensamento sem fundamentar-se diretamente na experiência. Porém, parece haver aqui um indício de que este pensamento é uma espécie de amálgama de múltiplas impressões das experiências que vão se constituindo em concepções e formando um *arcabouço referencial*, do qual é possível valer-se para formar conceitos, hipóteses e teorias.

O exemplo também ilustra o grande valor didático inerente ao ato de experienciar. Esta qualidade não reside apenas na sua capacidade de desvelar, mas também no seu poder instigativo. De fato, para desencadear uma reação similar à experimentada por Einstein, pode-se valer de inúmeros recursos, como um texto, um cálculo, um desafio. Mas um experimento pode

atingir os indivíduos mais concretamente, dado que se manifesta numa linguagem não simbólica ou representativa (como é o caso das palavras e dos números), ou seja, sem “intermediários” e feito de objetos reais, tocáveis, não abstratos.

A capacidade dos estudantes, em especial os mais novos, de lidar com conceitos abstratos e, em larga medida, contraintuitivos, é muito reduzida. Em consequência, muitos deles não conseguem estabelecer conexões com a vida real sob o prisma da ciência. Em certa medida, isto já é esperado, pois o aluno, ao observar um fenómeno, só pode valer-se daquilo que já o constituiu, de suas próprias concepções. Quando ele próprio planeja como estudar um fenómeno, de forma semidirigida ou espontaneamente, já tem certa intencionalidade no que se refere ao que pretende verificar – fruto da organização que ele imprime ao mundo que o cerca e, em particular, ao fenómeno presente. Por conseguinte, suas interpretações e conclusões nem sempre coincidirão com o conhecimento científico. Contudo, a participação do aluno no planeamento das atividades funciona como ponto de partida para a evolução conceitual, tentando atingir a conceitualização científica. Um construto ou artifício que ajude a promover este processo, o qual deve ser coordenado pelo professor de ciências, tem um valor instrutivo inestimável (PACHECO, 1997; WILSEK; TOSIN, 2009). Este potencial pode ser encontrado na experimentação: ao participar ativamente no planeamento e execução das diferentes etapas, o aluno contrastará, a todo o momento, suas concepções com a estrutura científica subjacente.

Ernesto Hamburger (2005), da Estação Ciência da USP, visualiza o processo de experimentação estendendo-se além das suas finalidades precípuas, auxiliando grandemente no letramento e formação de competências básicas, desde as séries iniciais:

Programas que estão sendo realizados por vários centros de ciências de incluir, já no ensino das primeiras séries do ensino fundamental, [...] um trabalho de ciências mais experimental, mais concreto, têm tido vários efeitos importantes. Um dos efeitos é que a própria alfabetização, que é simultânea, é grandemente ajudada por essas atividades experimentais em que os alunos realizam a experiência,... antes disso eles fizeram uma discussão sobre qual o significado da experiência que vão fazer, quais os resultados que esperam. Depois da experiência, discutem os resultados, registram por escrito o que

eles observaram. Depois da discussão eles fazem um novo registro. Com isso, de um lado, aprendem a discutir objetivamente e, de outro, a respeitar a opinião dos outros e aprendem a escrever sobre assuntos concretos que lhes interessam (HAMBURGER, 2005, programa de TV).

Melo [200-] apresenta um cenário para ilustrar uma situação corriqueira em aulas introdutórias de citologia nas quais o professor visa destacar as principais estruturas celulares e suas funções: um breve relato verbal da invenção do microscópio, do trabalho de Robert Hooke, alguns desenhos no plano bidimensional do quadro e outras informações, numa dinâmica essencialmente expositiva. Em um determinado momento, um estudante pergunta sobre as dimensões reais de uma célula. Até então, esta informação essencial esteve ausente do domínio sensível do aluno, pois concretamente é algo impreciso imaginar o tamanho de uma célula. Principalmente, se não foi apresentado nenhum padrão para permitir qualquer tipo de comparação que levasse a alguma estimativa. Então sugere o que realmente poderia ter feito a diferença: a existência de uma lâmina preparada e de um microscópio, mesmo que rudimentar, serviria como *mediador* para este processo intuitivo e racional de estimar ordens de grandeza. Ao se manusear tais apetrechos, além de se observar as estruturas presentes (naquela “gotinha” depositada sobre a superfície da lâmina, encontra-se um verdadeiro universo), pode-se comparar grandezas, ajustar o foco, escanear a lâmina, regular a intensidade luminosa, filtrar cores, etc. Professor e aluno encontram, nesta vivência [experiência]², um referencial comum para o aspecto sensorial e o emotivo, a partir do qual podem trocar diversas informações relevantes e propor, inclusive, novos problemas.

Esse exemplo explicita a metodologia adotada pela Pedagogia Vivencial que é, essencialmente, experiencial. Porém, Melo [200-, n.p.] ressalta que:

[...] experienciar é criar oportunidades para vivenciar e que não é o mesmo que experimentar, [...] pois experienciar é um ato de vivência e experimentação é um ato de colocar em prática o que já foi experimentado por outro.

² Propositamente estamos atrelando o termo experiência ao termo vivência originalmente usado pela autora.

Também salienta [200-, n. p.] que “a experiencição tem uma conexão imediata com a criação de novos conceitos enquanto que a experimentação tende a levar a reprodução de conhecimentos já sistematizados”.

Apesar de concordarmos amplamente com o exemplo e usá-lo a favor da argumentação aqui proposta, devemos ponderar que, sobre a relação entre experienciar e experimentar, há um estreitamento de âmbito e uma diferenciação que não correspondem ao que é percebido na prática experimental. Realizar experiências não remete a novos conceitos? Será que isso é uma impossibilidade da prática experimental ou os caminhos aos quais conduz não são capazes de gerar novos conceitos? Por que restringir o experimentar ao reproduzir? Mesmo numa primeira impressão, experimentar se relaciona com verificar, testar e, se formos um pouco mais além, explorar. Aliás, seria muito interessante indagar: o conceito é novo para o aluno ou ele deve produzir uma novidade conceitual? Sabendo que este último é muito difícil de atingir, pois representaria uma ideia inédita – o que raramente é produzido no ambiente escolar – assumimos que a maior parte dos conceitos atingidos são novidades para o aluno e, certamente, estes já foram sistematizados e, portanto, estão sendo efetivamente “re-produzidos”. Se alguns (ou muitos) estudiosos desejam evitar a reprodução (termo que muitas vezes é apresentado com uma conotação ruim, como uma sentença antipedagógica), isto pode até ser feito como método ou forma, mas não como conteúdo. Experimentar é também, com toda certeza, experienciar e vice-versa. E não estamos a referir a ligação de identidade apresentada nos dicionários ou compêndios de sinônimos. Como é possível delinear uma fronteira entre estes dois conceitos que se inter cruzam e interconectam constantemente?

Dilema semelhante é discutido quando se faz referência aos termos experiência e experimentação. Alves Filho (2000) afirma que seus significados estão relacionados com procedimentos que apresentam diferentes graduações de liberdade: a rigidez metodológica da experimentação se contrapõe à liberdade especulativa da experiência. Para ele, a experiência é um atributo inerente do ser humano e responde por suas interações com o entorno sócio-ambiental, constituindo-se em fonte de

dados para a elaboração do senso comum; é um fazer fortemente guiado pela intuição no especular das coisas. Já a experimentação está mais relacionada ao sujeito investigador, aquele que procura organizar seus pensamentos na construção de elementos que lhe forneçam respostas a respeito das coisas que o rodeiam e sobre si mesmo; é um fazer elaborado, uma atividade historicamente construída e negociada que, através de processos internos próprios, possibilita estabelecer o conhecimento científico. Conhecimentos diferentes (senso comum ou científico) na estrutura e na validade que se constituem a partir de motivações e critérios diferentes, mas que possuem pontos de intersecção comuns manifestados nos processos de produção individuais.

Infelizmente, de acordo com Starko (1995 apud GONTIJO, 2007), algumas práticas pedagógicas têm renegado o caráter investigativo que o ensino de Ciências pode assumir e tratado a área como uma coleção de fatos, regras e definições a serem memorizadas. O foco recente está voltado para atividades, como a experimentação, que permitem aos estudantes se envolverem com o processo das ciências, isto é, fazendo observações, levantando hipóteses, manipulando variáveis, construindo explicações e questionando as hipóteses.

Para Cachapuz, Praia e Jorge (2004) o trabalho experimental, nos seus vários formatos, é um instrumento privilegiado para um permanente e complexo diálogo entre saberes conceituais e metodológicos. É uma triste realidade constatar que ainda há alunos que concluem a escolaridade obrigatória sem terem realizado uma única experiência. Não tiveram a oportunidade de reconhecer quão difícil é descobrir algo novo (para eles, naturalmente); de enfrentar a complexidade de um planejamento (ainda que proporcional aos seus recursos) e de sua decorrente execução; de sentir a autoestima elevada com o sucesso de uma experiência exitosa e de frustrar-se devido a um resultado não expectável. O professor Andre K. T. de Assis, na introdução de seu livro *Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade* manifesta assim seu infortúnio:

Eu próprio, particularmente, gostaria de ter aprendido física desta maneira. Ou seja, em vez de decorar diversas fórmulas e ficar apenas

resolvendo exercícios matemáticos, gostaria de ter tido a oportunidade de construir instrumentos e realizar diversas experiências, de aprender e de visualizar como foram feitas as grandes descobertas, além de reproduzir na prática alguns dos fatos empíricos mais importantes, explorando ainda diferentes modelos e concepções para explicá-los (ASSIS, 2010, p. 13).

Talvez o grande trunfo do processo de experimentação seja sua incrível capacidade exploratória e investigativa dos fenômenos. Não basta demonstrar ou verificar, o que já é, sem dúvida, de inestimável valor. Diríamos que sua força pedagógica no âmbito da educação científica está no apelo constante à inquirição, demanda que, por estar inextricavelmente ligada à interação sujeito-objeto, permite ao aluno estabelecer associações e fazer inferências no decorrer do processo experimental.

Séré, Coelho e Nunes (2003) apresentam um trabalho onde são propostas quatro diferentes abordagens (sucintamente aqui apresentadas) de um experimento sobre óptica. Mostram como um mesmo experimento, tendo um objetivo central comum (estudar a lei de Snell-Descartes) pode ser concebido considerando-se diferentes maneiras de explorá-lo. Iniciam o relato fazendo uma interessante colocação: “Para que a experiência funcione, a montagem exige *certos cuidados* que, contudo, *não são explícitos para os alunos*” (p. 32, grifo nosso). Geralmente os ajustes e as condições necessárias para que tudo funcione corretamente são previamente resolvidos e quando o aluno for realizar o experimento perderá a oportunidade (talvez única) de aprender os conhecimentos e práticas necessários para tal intento. Não são apenas preparações e detalhes que podem ser ignorados à percepção do aluno. São efetivamente problemas e configurações específicos, cuja resolução e regulação além de exigir conhecimentos e raciocínio lógico, provocam novas ideias.

Na abordagem que os autores denominam ‘Verificar a Lei’ o professor focaliza a teoria buscando estabelecer uma primeira relação entre ela e o mundo dos objetos. O experimento está a serviço do aprendizado da lei. O ajuste do equipamento faz-se de forma relativamente rápida, *não exigindo uma atividade de reflexão* por parte do aluno.

As atividades de ajuste e escolha dos dados são excluídas em benefício da teoria. O aluno não tem escolha. Observa-se que as

medidas não são independentes, pois uma vez feito o ajuste, se for cometido um erro na primeira medida, todas serão acometidas desse mesmo erro. É por isso que é determinado um valor central, não sendo, contudo, atribuição do aluno realizar uma avaliação sobre o procedimento utilizado (SÉRÉ, COELHO, NUNES, 2003, p. 34).

Num outro enfoque – Comparar Modelos – utilizando-se o mesmo tipo de equipamento, permite-se que o aluno realize uma atividade intelectual diferente: a comparação de modelos de comportamento. Aqui as tarefas propostas implicam, por parte do aluno, uma escolha e uma decisão e ele deve perceber a possibilidade de que um mesmo conjunto de dados pode ser modelado diferentemente.

Já na abordagem ‘Comparar Métodos Experimentais’, a teoria está a serviço de um *savoir-faire* específico da experimentação e é usada apenas como suporte para uma avaliação da exatidão dos resultados experimentais. Vários trabalhos indicam que se apoiar na teoria em favor da prática e da experimentação é também um excelente meio de aprendê-la.

Contudo, uma abordagem mostrou-se particularmente interessante: ‘Conceber um Experimento’ na qual o professor, muitas vezes, surpreende-se pelas dificuldades apresentadas pelos alunos.

[...] mesmo aqueles *capazes de conhecer perfeitamente o esquema óptico*, quando se vêm diante de uma cuba, *não conseguem identificar* a normal à superfície do dioptra, ou seja, *não reconhecem* na cuba cheia de água os *elementos da figura teórica*. A *ação de introduzir o instrumento de medida é extremamente simples*, desde que se estabeleça no centro do disco graduado o ponto onde o raio atinge a cuba. Observa-se que *essa é uma operação geralmente difícil para os alunos*. Existe um tipo de “negociação” entre a limitação do instrumento de medida e as limitações dos equipamentos que mostram o fenômeno. O instrumento de medida fornecido é particularmente simples, mas é interessante para um aluno elaborar um experimento, provocar o fenômeno e adaptar o instrumento de medida a esse fenômeno. Ao conceber um experimento, o aluno tem escolha, seja considerando um ângulo ou vários ângulos, a ordem de grandeza do ângulo ou o número de algarismos a serem mantidos. Tem-se a impressão de que nesse tipo de manipulação perde-se muito tempo, mas, na realidade, *o nível de aprofundamento dos conhecimentos adquiridos é maior* (SÉRÉ, COELHO, NUNES, 2003, p. 37-38, grifo nosso).

Percebe-se que a realização da atividade teve seu ponto crítico justamente quando, já totalmente familiarizados com a teoria e seus esquemas representativos, os alunos têm que pôr em prática seus

conhecimentos. Até nas circunstâncias mais elementares fica evidente a incapacidade de transpô-los. Talvez por que não haja similaridade entre os aspectos ilustrativos e os reais. Isso reforça a necessidade da presença do aparato experimental e sua manipulação para o reconhecimento de suas partes e funcionamento. Desta forma, possibilitam-se de maneira efetiva os significados concretos dos elementos teóricos. Além disso, novas percepções se estabelecem, suscitando indagações e provocando aprimoramento do conhecimento prévio.

Hodson (1990 apud PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002) considera ainda que a maneira como o trabalho experimental é conduzido em muitas escolas é de concepção pobre, confusa e improdutiva. Para ele, muitos professores “têm sido uns entusiastas ao acreditar que o caminho para aprender ciência, os seus métodos e processos é ‘descobrir aprendendo’ ou ‘aprender fazendo’” (p. 257).

[...] acreditam que o trabalho experimental ensina os estudantes sobre o que é a ciência e a sua metodologia. [...] usam o trabalho experimental sem uma adequada reflexão, ou seja, mantêm o mito de que ele é a solução para os problemas de aprendizagem em ambiente laboratorial. Esta visão distorcida baseia-se em pressupostos epistemológicos, psicológicos e didáticos que têm vindo a ser, progressivamente, postos em causa, ou seja, é uma visão que corresponde a um programa em regressão epistemológica (HODSON, 1990 apud PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p. 257-258).

A abordagem deste aspecto, que consideramos crucial, será retomada e aprofundada no capítulo 4. Antecipamos que estamos diante de argumentos que refletem apenas uma parte do atual debate a respeito das atividades experimentais, suas bases epistemológicas e implicações para a educação científica.

Fazer uma simulação de uma situação real é de um valor pedagógico muito grande. Então, se durante as aulas o professor produzir formas de vivenciar o ambiente real para que o aluno o perceba mais plenamente, será muito melhor do que apenas falar ou mostrar imagens. A noção que o aluno construirá será tão mais precisa quanto duradoura. Este é o sentido de levá-lo a museus, laboratórios de universidades e institutos de pesquisa, entre outros centros de ciência.

Giordan (2003) discute a função da experimentação nos processos de formulação do pensamento científico, pretendendo elevá-la à categoria de dispositivo sócio-técnico-cognitivo. Lembra que, há mais de 2.300 anos, Aristóteles afirmava: “quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento” (ARISTÓTELES, 1979 apud GIORDAN, 2003, p. 2).

Naquele tempo, já se reconhecia o caráter particular da experiência, sua natureza factual como elemento imprescindível para se atingir um conhecimento universal. Ter a noção sem a experiência resgata, em certa medida, a temática de se discutir as causas sem que se tome contato com os fenômenos empíricos, o que significa ignorar o particular e correr o risco de formular explicações equivocadas (GIORDAN, 2003, p. 2-3).

Ressalvadas as particularidades do contexto a que se aplica o pensamento de Aristóteles, e que seria o germe da teoria empirista tão criticada atualmente, importa notar que muitas propostas de ensino de ciências que possuem a experimentação como um dos eixos estruturadores das práticas escolares, de fato, podem trazer contribuições positivas para a elaboração do conhecimento científico. Como salienta Giordan (2003, p. 3, grifo nosso):

A elaboração do conhecimento científico apresenta-se dependente de uma abordagem experimental, não tanto pela natureza do seu objeto de estudo, os fenômenos naturais, mas fundamentalmente porque *a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação*. Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o Ensino de Ciências, pois *a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve-se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas*.

De certa forma é isto que se busca nas atividades que permitem a interatividade. Pavão e Leitão (2007) estabelecem interessante associação entre o conceito *hands-on* (cujo germe surgiu no *Palais de la Découverte* em Paris, de Jean Perrin e colaboradores, posteriormente expandindo-se para museus como *Exploratorium* de San Francisco nos Estados Unidos) e *minds-on*. A inseparabilidade desta ligação despertou o conceito da interatividade *hearts-on* atrelando-se a ele, pois o envolvimento do visitante se dá através

de emoções e outras sensações sempre necessárias e úteis à construção do conhecimento. Novamente, aqui, revela-se a força daquilo que tem grande potencial de atingir nevrálgicamente o sujeito que interage concretamente. A observação cuidadosa do público nos museus levantou ainda outro aspecto da interatividade, a *social-on*. A ação recíproca entre os elementos envolvidos favorece a aprendizagem participativa.

A utilização inadequada da interatividade *hands-on* também abriu espaço ao desenvolvimento de experimentos pasteurizados, com final fechado, que não possibilitam múltiplas respostas, o confronto de situações e nem a reflexão do visitante. Hoje é comum se observar verdadeiras *receitas de bolos* nos museus participativos. A ladainha tipo “aperte aqui, vai acontecer isso e a explicação é essa” reflete uma postura pedagógica, lamentavelmente ainda muito comum no ensino das ciências, em que o aluno, ou o visitante, é um mero depositário de informações. [...] Não bastam cenários fantásticos, experimentos sofisticados, exposições mais criativas; todos têm um valor intrínseco, sem dúvida. Mas, não há como duvidar do poder da linguagem do mediador. Reconhecer o papel do monitor dentro do museu como instrumento interativo por excelência, com potencial invejável para mediar processos de construção do conhecimento. Não se trata de oferecer respostas, mas de estimular a crítica, a curiosidade e a indagação (PAVÃO; LEITÃO, 2007, n. p.).

O ideal é que esta interação, que se dá de vários modos (observar, ligar, tocar, ver, comparar, registrar,...), demande problematização, discussão, levantamento de hipóteses, através da mediação. As atividades devem ser desafiadoras, permitindo desenvolver explicações, interpretações, teorização e compreensão dos fenômenos com os quais o público interage (PAVÃO; LEITÃO, 2007).

Shiland (1999 apud SUART; MARCONDES, 2008) aponta a necessidade de haver uma mudança na estruturação e nos objetivos do trabalho laboratorial visando aumentar e valorizar processos cognitivos mais complexos permitindo, por exemplo, que alunos participem da elaboração do procedimento experimental ou que identifiquem e controlem variáveis. O professor poderia propor atividades em grupos, onde os estudantes discutiriam suas previsões e resultados com toda a turma, valorizando habilidades e competências sociais decorrentes da atividade laboratorial.

A carga didática de um processo de experimentação pode ser ilustrada pela comparação feita por Maxwell entre os modos de trabalho de Faraday e

Ampère na gênese e consolidação de conceitos científicos. Ambos realizaram processos similares. Porém, Faraday revelava tudo o que se passava durante o trabalho: erros, acertos, ideias incipientes e em desenvolvimento; situação típica pela qual passam os estudantes nas formações iniciais do pensamento científico. Ele empregava em suas pesquisas um método que visava testar e cultivar suas ideias apelando constantemente ao experimento sendo diretamente influenciado por eles. Para expressar tais ideias valia-se de uma linguagem que, alheia às formas matemáticas de pensamento familiares aos físicos, era muito adequada a uma ciência nascente. Conduzido pelo prazer de seu próprio trabalho, coordenava suas ideias com os fatos, expressando-as numa linguagem não técnica, natural. Já Ampère, que também realizava investigações experimentais para estabelecer leis relativas a correntes elétricas, usava um método que, pensado em uma forma indutiva, não nos permite traçar a formação das ideias que o guiaram (MAXWELL, 1954 apud ROCHA, 2002).

Difícilmente podemos acreditar que Ampère realmente descobriu a lei da ação à distância por meio dos experimentos que descreve. Somos levados a suspeitar que, na verdade, ele nos diz que descobriu a lei por algum processo que ele não nos mostrou, e que, quando construiu uma demonstração perfeita, ele *removeu todos os traços do processo* pelo qual obteve a lei.

Faraday, de outra forma, *mostra-nos seus insucessos assim como seus experimentos bem sucedidos, e suas ideias cruas, assim como aquelas desenvolvidas*, e o leitor, inferior a ele em poder indutivo, sente simpatia mais do que admiração, e é tentado a acreditar que, se tivesse tido a mesma oportunidade, teria também feito a descoberta. Todo estudante, portanto, deve ler a pesquisa de Ampère como um esplêndido exemplo de estilo científico na afirmação de uma descoberta, mas também deveria estudar Faraday para cultivar o espírito científico, por meio da *ação e reação que ocorre entre os novos fatos descobertos* como introduzidos a ele por Faraday, e *as ideias nascentes em sua própria mente*. (MAXWELL, 1954 apud ROCHA, 2002, p. 257-259, grifo nosso).

O valor didático da experimentação também reside na aptidão de revelar facetas interdisciplinares do conhecimento científico. De modo geral, na realização de um experimento, há necessidade de recorrer a saberes de diversas áreas que muitas vezes devem ser inter-relacionadas. Para executar e compreender, por exemplo, o experimento da luminescência da clorofila (proposto neste trabalho), exige-se, dependendo do nível de ensino e da

profundidade desejada na abordagem, conhecimentos sobre química (soluto, solvente, tipos de substâncias), matemática (cálculo da concentração, proporções, distância da fonte luminosa, formato dos materiais), física (onda eletromagnética, frequência, níveis de energia, refração), biologia (estrutura celular, fotossíntese), biofísica (interação entre matéria e onda eletromagnética), entre outros.

As atividades experimentais permitem, portanto, explorar diversos conhecimentos científicos de modo a inter-relacionar tais conhecimentos sob a óptica integrada das várias disciplinas científicas, agregando muito mais qualidade ao processo de experimentação. Neste contexto, não há uma perda da identidade de cada disciplina. Nem, tampouco, a anulação da especificidade e especialidade de cada ramo do saber científico. Acreditamos, ao contrário, que, além de uma valorização da contribuição particular, ocorre uma verdadeira e consistente afirmação de cada disciplina.

É preciso que os pesquisadores de cada área reconheçam a necessidade crescente de compartilhar conhecimentos e procedimentos, tanto em nível acadêmico como educacional. Não se trata de adentrar em terreno alheio, mas de estabelecer conexões e reconhecer que os fenômenos não escolhem as áreas e nem se enquadram exclusivamente em apenas uma. Divisões fictícias foram criadas e algumas fronteiras foram delineadas. No momento da efetivação das práticas científicas e educativas torna-se inevitável recorrer ao conjunto de conhecimentos relacionados, independentemente da área a que “pertencam”.

A ideia é que não se perca a visão global. A história da ciência está repleta de exemplos de trabalhos científicos cruciais em que a percepção interdisciplinar é fundamental. Devemos lembrar que os processos interdisciplinares apresentam peculiaridades distintas quando pensamos em pesquisa ou ensino e existem diferenças substanciais quanto ao objetivo e ao modo de integração. Isso, entretanto, não desestimula (diríamos até, não evita) o uso de concepções e estratégias de investigação comuns.

Diante do que foi exposto até o momento, percebe-se que a experimentação no ensino de ciências assume um papel didático relevante ao conduzir o aluno a uma grande interação com os variados elementos e

fenômenos que o processo de experimentação pode revelar. Dada a riqueza de detalhes e a ampla diversidade de procedimentos e raciocínios que devem ser realizados durante o experimento e as múltiplas conexões que se estabelecem (entre os conhecimentos direta e indiretamente envolvidos), o processo experimental é inerentemente interdisciplinar. Ao refletir sobre as nuances e variáveis de um experimento, cada intervenção produzida requer novas análises e reconfigurações dos elementos constituintes. Um experimento, por mais simples que possa parecer, tem potencial exponencial para o estabelecimento de ligações mais consistentes e profundas entre aquilo que o aluno sabe, aquilo que apreende (durante o experimento) e o mundo que o cerca.

3 EXPERIMENTAÇÃO E FORMAÇÃO DE COMPETÊNCIAS

*Procul ex oculis, procul ex mente.
Longe da vista, longe da mente.
Verba Movent, exempla trahunt.
As palavras movem, os exemplos arrastam.
Provérbios em latim.*

Alguns pesquisadores focam suas análises, apenas e exclusivamente, nos resultados finais obtidos, desprezando o exame do que acontece durante o processo de experimentação. Esquecem, ou não se dão conta, de que nas diversas etapas de desenvolvimento da experimentação, ou seja, no decorrer dos procedimentos, há uma riqueza incrível de conhecimentos que são mobilizados, contrastados, usados em tomadas de decisões e, paralelamente, há uma construção efetiva de habilidades e competências relacionadas ao fazer científico. Muitas destas capacidades são produzidas dentro de um “campo intangível” de interação dinâmica estabelecido entre o sujeito e o objeto de sua aprendizagem e que, na maioria das vezes, não são passíveis de registro pois são inacessíveis a métodos objetivos de detecção e avaliação.

Uma das principais causas da ineficácia das atividades experimentais, de acordo com Domin (1999 apud SUART; MARCONDES, 2009) é que os estudantes despendem muito tempo determinando se o resultado obtido é ou não correto, em detrimento do planejamento e organização dos experimentos. Nessas atividades fazem inúmeras competências e saberes que, por não terem sido explorados durante o processo de experimentação, impedirão a compreensão de inúmeros aspectos dos conhecimentos envolvidos, da condução e execução do experimento, e até mesmo do resultado final.

Uma estratégia que pode promover, de maneira eficaz, o desenvolvimento de aprendizagens significativas e competências científicas pertinentes, é a de valorizar cada etapa do processo de experimentação,

explorando e maximizando todo o potencial de fazer os envolvidos, a todo o instante, terem a oportunidade de:

- identificar quais saberes devem ser aplicados;
- verificar a pertinência e a adequação desses saberes;
- tomar decisões;
- investigar as circunstâncias em que um experimento falha e suas limitações, identificando os motivos;
- analisar as formas, as dimensões e o arranjo dos elementos envolvidos;
- averiguar as propriedades e a adequação dos materiais empregados; etc.

O processo de experimentação ao mesmo tempo em que aciona, como num mecanismo de retroalimentação, pode contribuir para desenvolver competências de toda ordem, tais como:

- criatividade;
- senso crítico;
- capacidade de exploração;
- investigação e
- análise lógica.

As atividades experimentais que permitem a realização de investigações se aproximam dos pressupostos de uma educação pela pesquisa defendida por Moraes (2004, p. 139):

A educação pela pesquisa constitui-se em forma de socialização e construção da autonomia dos sujeitos envolvidos, garantindo-lhes um domínio qualitativo do instrumental da ciência, numa preparação para intervenções transformadoras nas realidades em que se inserem.

Aproximam-se, também, da ideia básica do ensino de ciências através da investigação em que o aluno é mobilizado a encontrar soluções para problemas e, deste modo, “aprende a resolver e resolve para aprender” ativando o processo de “interação entre pensar, sentir e fazer” (WILSEK, TOSIN, 2009, n. p.).

Conforme aponta Perrenoud (1999a), a promoção de competências, ao contrário do que pensam os céticos, não ocorre com o comprometimento dos saberes. Apesar do desenvolvimento de competências exigir maior tempo devido ao envolvimento necessário, o que talvez acabe prejudicando a

quantidade de conhecimentos, deve ficar claro que a maioria das atividades experimentais *mobiliza uma grande quantidade de saberes*, isto é, constitui-se em fonte promotora de saberes não apenas aqueles diretamente relacionados, disciplinares e formais, como também os correlacionados, interdisciplinares e informais. Uma competência permite confrontar, regular e adequar um grupo de tarefas e de situações, apelando para noções, conhecimentos, informações, procedimentos, métodos, técnicas ou ainda outras competências mais específicas.

Neste sentido, Perrenoud (1999b) questiona: cabeças bem-cheias ou cabeças bem-feitas? Em um número limitado de anos de escolaridade, é impossível cobrir programas pletóricos de conhecimentos, sem abrir mão, em grande medida, da construção de competências. Conhecimentos e competências são estreitamente complementares mas, em particular na divisão do tempo de trabalho em sala de aula, pode haver entre eles um conflito de prioridade.

A construção de uma competência depende do equilíbrio da dosagem entre o trabalho isolado de seus diversos elementos e a integração desses elementos em situação de operacionalização. A dificuldade didática está na gestão, de maneira dialética, dessas duas abordagens. É uma utopia, porém, acreditar que o aprendizado sequencial de conhecimentos provoca espontaneamente sua integração operacional em uma competência (ÉTIENNE; LEROUGE, 1997 apud PERRENOUD, 1999b, p.10).

Para Le Boterf (1994, apud PERRENOUD, 1999a, p. 16) a competência é comparada a um “saber-mobilizar” conhecimentos e capacidades:

Possuir conhecimentos ou capacidades não significa ser competente. Pode-se conhecer técnicas ou regras de gestão contábil e não saber aplicá-las no momento oportuno. Pode-se conhecer o direito comercial e redigir contratos mal escritos. Todos os dias, a experiência mostra que pessoas que possuem conhecimentos ou capacidades não sabem mobilizá-los de modo pertinente e no momento oportuno, em uma situação de trabalho. A utilização daquilo que se sabe em um contexto singular (marcado por relações de trabalho, por uma cultura institucional, por eventualidades, imposições temporais, recursos...) é reveladora da “passagem” à competência. Esta realiza-se na ação.

Qual o valor de uma mente repleta de teorias se, no momento de realização de algo prático, não obtiver êxito? É peculiar a situação em que

especialistas, dentro da própria área em que atuam, não conseguem realizar a transferência do saber teórico para consecução de tarefas relativamente triviais. Um grupo de pesquisadores foi a uma formatura do curso de engenharia do MIT (Massachusetts Institute of Technology) e propôs a seguinte questão aos recém-formados: é possível acender uma pequena lâmpada de lanterna com uma pilha e um pedaço de fio? Disseram ser impossível. Deram a eles os materiais e... nada. A situação não foi diferente com os recém-formados do Imperial College de Londres. Ao fazer este relato durante uma palestra, o cientista Jonathan Drori, mostra um vídeo com a solução da questão e comenta: “Muito fácil, não é? É claro que vocês [espectadores da plateia] sabiam. Mas, *se nunca brincaram com isso, se só viram diagramas de circuitos*, talvez não soubessem, e esse é um dos problemas” (grifo nosso, informação verbal)³.

Num depoimento durante uma oficina, uma física argentina assumiu publicamente esta incapacidade que muitas vezes temos de aplicar nossos conhecimentos formais para resolver situações corriqueiras. O fato inusitado o qual havia sido a protagonista era o seguinte: em sua casa, sua irmã solicitou que lhe alcançasse uma toalha. Como a irmã estava situada na sacada do segundo andar, tinha que jogar a toalha para cima. O “detalhe” é que a toalha encontrava-se inicialmente dobrada, mas por julgar que a toalha “subiria melhor” desdobrou-a para lançá-la, ação que, obviamente, resultou em fracasso. Sua irmã, que era médica, disse-lhe: de que adianta a teoria se não sabe aplicá-la? (informação verbal)⁴. Embora estas “incompetências cotidianas” sejam consideradas uma contradição, em muitas circunstâncias, não paramos para pensar, não elaboramos um plano de ação prévia, simplesmente agimos de acordo com nossa intuição (que está calcada na nossa constituição como indivíduos, na nossa trajetória de vida). Em outras circunstâncias, falta-nos a relação entre os esquemas conceituais e suas correspondências com o mundo concreto, a aplicação prática dos

³ Palestra apresentada por Jonathan Drori, filmada em fevereiro de 2007 e postada em setembro de 2008 no sítio TED. Disponível em: http://www.ted.com/talks/jonathan_drori_on_what_we_think_we_know.html.

⁴ Palestra apresentada pela Profa. Dra. Marta A. Pesa durante a oficina Investigando a Luz e a Percepção da Cor, realizada no Departamento de Física do IF da UFRGS, no dia 19/07/2006.

conhecimentos ou a formação e consolidação do conhecimento pela via experimental.

Tanto no ambiente educacional como no profissional (e até acadêmico), um recurso muito utilizado, mesmo quando se supõe haver sustentação teórica para o enfrentamento das situações, é o da intuição. Nestes casos ela é usada intencionalmente em detrimento de aportes teóricos que seriam muito complexos ou demorados. Porém, confiamos nela pois carrega os chamados *conhecimentos procedurais* que, sob o ponto de vista aqui adotado, são resultados de competências construídas a partir da experiência.

Outra possibilidade é a que remete às atividades de produção, onde a relação entre a teoria e o experimento é bastante interessante. O que se aprende de teórico é utilizado de forma diferente da habitual, pois mesmo um engenheiro em uma construção não está todo o tempo servindo-se da física, mas agindo frequentemente por tentativa e erro. As operações intelectuais utilizadas durante a ação diferem das necessárias para a resolução de problemas do tipo papel e lápis. Teorias modernas da psicologia e da ergonomia, pouco conhecidas, mostram que os físicos aplicam com frequência regras intuitivas, derivadas de seus *conhecimentos procedurais*, de hábitos adquiridos ou simplesmente do bom senso, ao invés de princípios físicos elaborados (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003, p. 32, grifo nosso).

Se a competência envolve um saber-mobilizar conhecimentos e capacidades é fundamental destacar sua presença no cerne dos processos experimentais. De certa forma ela corresponde a um implícito processo de aprendizagem. Muitas técnicas e procedimentos usados em atividades experimentais, devido à repetição, tornam-se meras manipulações e tarefas automatizadas. Isto não implica em sustentar que toda a manipulação de uma atividade experimental seja puramente mecânica. Principalmente quando são realizadas pela primeira vez, as manipulações, mesmo as que seguem um roteiro bem estruturado, têm sempre razões científicas implícitas no seu fazer; uma variedade de conhecimentos que acabam ocultos e perdidos se não forem explorados. Qualquer um que já tenha utilizado uma pipeta graduada de vidro, por exemplo, teve (ou deveria ter tido) a oportunidade (dependendo do nível de ensino) de aprender (entre outras coisas) sobre:

- pressão atmosférica e diferença de pressão;

- tensão superficial;
- forças intermoleculares de adesão e coesão;
- densidade;
- erros de paralaxe;
- algumas normas de segurança e uso da pera de borracha com válvulas;
- geometria plana (ponto de tangência) e espacial e
- medição de um determinado volume de líquido.

Algumas destas aprendizagens tornam o indivíduo competente não apenas no domínio de um específico instrumento de medida, mas ele acaba adquirindo competências que podem ser aplicadas em diversas outras situações. É claro que o fazer pelo fazer, desconectado de um propósito, torna a ação vazia de sentido. É por isso que, uma pipeta pode ser vista como um tubo de vidro útil ou como uma fonte interdisciplinar de aprendizagem. Consideremos, por exemplo, a seguinte manifestação:

Com isso, dizemos que atividades experimentais desvinculadas de um projeto de ensino – aulas demonstrativas – não fazem sentido, ou seja, atividades como misturar uma substância A com determinada substância B e obter um líquido vermelho, ou mostrar que saem bolinhas de uma planta ao colocá-la dentro da água, quando isoladas do contexto significam o quê? Outro exemplo dessa descontextualização é a simples afirmação do professor sobre o resultado de uma experiência. Assim, dizer que determinado gás provoca um estampido ao acender-se um palito de fósforos junto ao tubo de ensaio é, para alunos da Escola Fundamental, tão crível quanto qualquer postulado religioso. A ciência, vista dessa forma, será a crença na suposta “verdade” científica, forma de entender a ciência da qual não compartilhamos (GIOPPO; SCHEFFER; NEVES, 1998, p. 44).

O que faltou, além da contextualização? Se fosse apenas esta a falha, o problema seria muito fácil de ser resolvido. Acreditamos que o que faltou foi exploração de cada etapa dos experimentos. Mas, se olharmos mais de perto, esta preocupação já estava presente mesmo em livros tradicionais (hoje rotulados de antiquados, para não dizer inadequados ou ultrapassados). Vejamos o que traz a 4ª edição de 1972 do livro de Ciências de Samuel Ramos Lago e Waldemar Ens: no experimento da decomposição da água (página 127 – que também pode ser usado para demonstrar que um dos gases resultantes, em contato com uma chama, produz um “estampido”),

além de orientações e desenhos sobre montagem e procedimento, há uma seção ‘observe e procure explicar’ onde constam os seguintes itens:

- veja como começam a sair bolhas da ponta de cada fio. São gases que estão se formando;
- repare que os gases ocupam o lugar da água no fundo de cada tubo de ensaio. É que eles são mais leves que a água;
- observe que de um dos tubos saem mais bolhas e acumula-se mais gás.

O que significam estas cuidadosas observações dirigidas? Talvez, uma gradativa percepção do fenômeno acompanhada de atributos qualitativos e quantitativos (propriedades dos gases, densidade relativa, proporção volumétrica comparativa). Baseados na *teoria prévia ao experimento* os autores, então, propõe uma conclusão: ‘Qual dos tubos contém o hidrogênio e qual o que contém o oxigênio?’. Na página seguinte (p. 128), os autores propõem o uso da chama de um fósforo para *demonstrar a diferença de propriedade entre os dois gases* formados, já que um deles é combustível e o outro é comburente. Em momento algum dos experimentos os autores disseram que em tal tubo forma-se o “gás x”, ou no polo positivo sai o “gás y”. Os gases surgidos foram sendo *experimentalmente evidenciados e diferenciados* por suas características (estas sim, dadas *a priori* pela teoria). Se dissermos para o aluno: “aqui se forma o gás oxigênio e ali o hidrogênio”, obviamente ele acreditará, seja passando um filme, seja apenas mostrando no livro ou no quadro... porém, provar isto, depende de certas propriedades dos gases e isto pode ser verificado na prática através de um conjunto de experimentos relacionados. As dificuldades em provar qual gás é produzido, são praticamente as mesmas, quer se trabalhe teoricamente ou experimentalmente e deveria, obrigatoriamente, passar pelo viés histórico. A vantagem da experimentação é que este convencimento se dá (por não podermos alterar o resultado à nossa vontade) sem subterfúgios da retórica e pode *mostrar como se chegou ao conhecimento vigente*.

Acreditamos que o ensino de ciências terá um caráter muito mais eclesialístico e de doutrina religiosa se o professor apenas falar, explicar, sem nada demonstrar experimentalmente, pois aí sim se aproximará de um convencimento similar a uma oratória sacerdotal.

Costa (2006) faz um contraponto entre duas visões extremadas de educação escolar ressaltando aspectos positivos e negativos de cada uma e referindo a problemática da relação teoria-prática que acaba tendo consequências na formação de competências:

São mais que óbvios os resultados funestos de uma *educação extremamente verbalista* em que se consuma o divórcio praticamente total entre o ensino ministrado e os eventos quotidianos, em que se dota o discente com a máxima facilidade em expor princípios científicos, desde os mais simples aos mais sofisticados, mas nenhuma capacidade em relacioná-los com o que se passa à sua volta, capaz, por exemplo, de expor com toda a desenvoltura todos os pormenores da teoria electromagnética, mas desconhecendo por completo o funcionamento de uma simples campainha eléctrica. Não são, porém, menos funestos os resultados duma *educação estritamente experimentalista* que supra-enfatize a actividade experimental, vista como uma espécie de panaceia capaz de só por si dar vida nova ao ensino fracassado por demasiado livresco e teorização excessiva (COSTA, 2006, p. 266, grifo do autor).

Em consonância com as diretrizes apontadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais, neste trabalho, competências e conhecimentos são desenvolvidos em conjunto e se reforçam reciprocamente. Na visão do referido documento, cada área do saber abrange conhecimentos que não se restringem a tópicos disciplinares ou a competências gerais ou habilidades, mas constituem-se em sínteses destas intenções formativas. A necessidade de adaptar conteúdos para os temas transversais implica também em reestruturar procedimentos e métodos a fim de evitar a mera transmissão de conhecimentos disciplinares padronizados, na forma de informações e procedimentos estanques. O que se deseja é a promoção de competências gerais, que articulem conhecimentos. Essas competências dependem da compreensão de processos e do desenvolvimento de linguagens (BRASIL, 2002). No âmbito do ensino fundamental, onde a Ciência é apresentada de forma mais unificada, a abordagem integrada de conhecimentos e processos científicos permitem a formação de competências mais amplas e apropriadas.

Algumas deficiências estruturais do nosso meio escolar poderiam ser sanadas por meio de competências específicas, desenvolvidas sob uma perspectiva de autonomia e incentivo à produção própria de materiais didático-científicos, como aponta Arguello (2005):

Eu sempre falo que qualquer centro de ciências, museu, laboratório, tem que partir de uma oficina. Esse é um lugar onde a gente pode construir o material para não ficar dependendo de soluções propostas por outras pessoas. Muitas vezes existem nas escolas, nos centros, nos museus, equipamentos de ciências que o professor não consegue utilizar porque ele não domina a tecnologia, nem sequer há uma manutenção do próprio equipamento. Então acho que é uma ferramenta fundamental, além de utilizar este material para observar a natureza é *saber produzir, construir e inventar esse material* (ARGUELLO, 2005, programa de TV, grifo nosso).

É importante desenvolver a percepção de regularidades e de singularidades. Esta é uma competência que permeia o pensamento científico. Poincaré (2008) já reconhecia que a única fonte de verdade é a experiência. Somente ela pode nos dar a certeza e ensinar-nos algo novo. Observação e experimentação devem servir de base para a generalização. Mas o cientista que conhece o verdadeiro caráter da ciência, não pode contentar-se com a experiência pura e simples. Observar e acumular fatos não basta, é preciso ordenar e fazer previsões.

[...] sem generalização, a previsão é impossível. As circunstâncias em que o cientista opera nunca mais se reproduzirão, todas ao mesmo tempo. Assim, o fato observado não recomeçará jamais; a única coisa que se pode afirmar é que, em circunstâncias análogas, um fato análogo se produzirá. Para prever, portanto, é preciso ao menos invocar a analogia, o que já é generalizar.

[...] Assim, graças a generalização, cada fato observado nos faz prever um grande número deles; só não devemos esquecer que apenas o primeiro é certo e que todos os demais serão somente prováveis. Por mais solidamente assentada que nos possa parecer uma previsão, nunca temos a certeza *absoluta* de que a experiência não a desmentirá, se procurarmos verificá-la. Mas, muitas vezes, a probabilidade é suficientemente grande para que, na prática, possamos contentar-nos com ela. Mais vale prever sem certeza do que nada prever (POINCARÉ, 2008, p. 224-226, grifo do autor).

Este pensamento aponta para competências científicas relevantes que podem ser desencadeadas pelo processo de experimentação, como aponta Capachuz (1989 apud WILSEK e TOSIN, 2009) no esquema da figura 3.1.

Nos planejamentos escolares é comum traçar quais competências desejam-se formar a partir de determinadas atividades. Em geral as propostas mais tradicionais envolvendo formação de competências apresentam uma estrutura que, além de linear, é um tanto rígida,

apontando exatamente quais competências e habilidades serão formadas ao término das atividades, como está representado na figura 3.2. Independentemente da metodologia utilizada, é possível elencar algumas competências que provavelmente irão se constituir tanto ao longo quanto no final das atividades. Entretanto, muitas outras (talvez tão importantes quanto as planejadas) se formarão sem intenção de promovê-las ou deixarão de se formar por não terem sido exploradas.



Figura 3.1 – Competências que podem derivar das atividades experimentais. Adaptado de Capachuz (1989 apud WILSEK; TOSIN, 2009, n. p.).



Figura 3.2 – Esquema da estrutura linear tradicionalmente associada ao modo de organização de um experimento científico didático.

A etapa intermediária (meio) é fechada em si mesma não possibilitando alterações e adaptações. Não há interlocução com as outras etapas. É uma fase realizada de forma automática, assumindo um papel secundário e fornecendo subsídios suficientes para consequências determinadas e específicas.

Na estrutura linear, o experimento está preparado (pronto) para ser executado com *aqueles* materiais, *naquela* disposição, *naquela* sequência (que já se sabe que vão funcionar e proporcionar o melhor desempenho). Perguntas do tipo: por que é redondo ou quadrado, de madeira ou borracha, mais estreito ou largo, escuro ou claro, o que fazer agora, o que fica para depois, em qual lugar isto vai, etc, acabam não sendo feitas. No contexto global do processo experimental elas se inter-relacionam e suas respostas são fundamentais para uma compreensão mais profunda e detalhada. Não haverá questionamentos para o que já está dado e configurado como ideal. Se fossem feitos, tais questionamentos não só agregariam conhecimentos práticos, mas também teóricos, às diversas circunstâncias que fossem surgindo.

Neste trabalho, o processo de experimentação assume uma conformação mais dinâmica e inter-relacional (Figura 3.3) que pode alimentar e alimentar-se das outras etapas. Contrapõe-se em vários sentidos com a visão tradicional:

- é orgânico: através da conexão direta com materiais, os fenômenos e os processos abrangidos, estabelece um envolvimento mais efetivo e intimista do sujeito aprendiz com seus objetos de aprendizagem. Este vínculo permite estruturar melhor as relações entre os componentes.
- é essencial: deixa de ser um meio ordenado, certo, de fluxo único e contínuo a fim de atingir apenas um objetivo determinado, para assumir o papel crucial de, através de vias exploratórias múltiplas, poder ajudar na formação e ressignificação de termos, conceitos e relações;
- é aberto: sempre que necessário pode ser re-estruturado, considerar novas formações e possibilidades, reconfigurando-se de acordo com as demandas procedentes do próprio processo experimental e das outras etapas;



Figura 3.3 – Diagrama sobre as características fundamentais do processo de experimentação e suas relações com o ponto de partida e com os resultados.

- promove conceitos e competências: exige a mobilização de saberes e capacidades nas mais variadas conjunturas a todo instante, consolidando capacidades, habilidades e ideias.

Algumas competências do âmbito científico são de caráter mais geral. Interessam ser desenvolvidas para ancorar uma formação científica mais ampla, típica de todo o cientista, independentemente de seu campo de atuação. Outras competências são de caráter mais específico e são ligadas aos requisitos de cada área. Ressalvadas as particularidades de cada ambiente, são também necessárias no âmbito da educação científica. Peacock (2005) elenca uma série de habilidades científicas que podem ser promovidas através de atividades de resolução de problemas: elaborar questões, observar, procurar semelhanças e diferenças, classificar, registrar, interpretar, analisar, concluir, sugerir explicações, prever, testar variáveis, colocar ideias em prática, improvisar, ser curioso, ser prático. Da mesma forma Gil e Torregrosa (1983 apud WILSEK; TOSIN, 2009, n. p.) acreditam que as atividades investigativas são capazes, entre outras coisas, de promover competências tais como:

- emitir hipóteses sobre quais fatores o fenômeno ou a grandeza investigada pode depender e a respeito de como este vínculo ocorre;
- procurar diferentes formas de resolução de situações problemáticas que surgem ao longo do processo a fim de comparar os resultados e poder verificar a coerência do conjunto de conhecimentos de que se dispõe;
- elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução, realizando um minucioso registro e fundamentando o que se faz;
- analisar as etapas envolvidas nas atividades e explicitar detalhadamente as dificuldades surgidas e as soluções propostas para superá-las, ressaltando aspectos de maior interesse e significação no tratamento das situações.

Tais competências podem ser desenvolvidas nos processos de experimentação científica. É uma estratégia que tem grande potencial para estimular a criatividade, pois envolve habilidades como as apontadas por Sternberg e Grigorenko (2004 apud GONTIJO, 2007, n. p.):

- redefinição de problemas (re-escrever, mudar a perspectiva, re-enquadrar, revisar, olhar sob outro paradigma);

- geração de ideias (criar, originar, procriar, produzir, imaginar);
- proposição de explicações alternativas às tradicionalmente aceitas para determinado fenômeno científico;
- identificação e superação de obstáculos (transpor, perseverar, tentar, persistir, não desistir).

Para exemplificar o modo como diferentes componentes e suas características podem ser esmiuçados durante um determinado processo de experimentação, elaboramos um esquema (Figura 3.4) que denota uma (entre tantas) configuração possível.



Figura 3.4 – Esquema das inter-relações entre diferentes aspectos do conhecimento envolvido num experimento didático.

A partir desta perspectiva, surgirão algumas percepções, tais como:

- relacionar as propriedades matemáticas dos elementos constituintes: (forma, tamanho, distância) com as propriedades físicas e químicas (cor, textura, densidade, massa, consistência) dos diferentes tipos de materiais empregados (papel, plástico, metal) e suas adequações ao experimento;
- verificar o funcionamento e a disposição dos componentes no conjunto do experimento;

- como e o que fazer para contornar os obstáculos e minimizar influências de variáveis externas;
- confrontar conhecimentos de uma área específica e recorrer a conhecimentos de outras áreas.

Estas percepções permitirão ao aluno fortalecer e acumular algum tipo de conhecimento, formando uma espécie de bagagem conceitual. Quem participa ativamente das etapas da experimentação enfrenta, a todo instante, obstáculos operacionais e teóricos, desde o projeto, que devem ser contornados ou solucionados. Depara-se com instabilidades e comportamentos inesperados que requerem compreensão para se efetuar os ajustes adequados. Estas circunstâncias exigem tomadas de decisões, reavaliação e reprojeção. Frequentemente ouvimos a frase: “na teoria é assim, na prática é bem diferente...”, ou seja, em tese, podemos até saber (ou supomos saber) como tudo vai funcionar e se comportar, porém, na prática, nem tudo acontece como prevíamos. Na experimentação, em comparação com outras atividades educacionais, professor e aluno são muito mais exigidos, devem possuir mais noções práticas e teóricas em diversas áreas, precisam ser capazes de mobilizar saberes de forma adequada e no momento certo. São aptidões desta ordem que emergem, se reconfiguram e se consolidam no processo experimental.

4 A FILOSOFIA DA EXPERIMENTAÇÃO E IMPLICAÇÕES PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

“A experiência he o fio Ariadneo, com que nos devemos conduzir por entre o labirinto dos fenômenos ao conhecimento dos corpos”.

*Vicente de Seabra
Discurso Preliminar do tratado
Elementos de Química de 1788*

O desenvolvimento de uma filosofia específica relativa à experimentação científica, só recentemente atraiu a atenção dos filósofos da ciência, apesar da prática experimental ter sido a principal característica da ciência moderna desde o século XVII. Tardiamente o processo de estudo desta área tornou-se questão de maior interesse e ainda está em progresso. Após um rápido início na década de 1980 parece ter perdido muito do seu momento na década seguinte. Embora muitos cientistas, talvez a grande maioria deles, despendam a maior parte de seu tempo fazendo experiências de vários tipos, isso não se reflete na literatura básica em filosofia da ciência. Basta dar uma olhada nos recentes trabalhos de bem conhecidos jornais (*Philosophy of Science, British Journal for Philosophy of Science, Erkenntnis* e similares). Examinando textos de referência sobre filosofia da ciência recente, como o conjunto de seis volumes da coleção de artigos em filosofia da ciência (SKLAR, 2000 apud RADDER, 2003), não há nenhuma contribuição que foca sobre experimentação. No volumoso *Companion to Philosophy of Science* (NEWTON-SMITH, 2000 apud RADDER, 2003), a análise explícita da experimentação é quase limitada a um único capítulo. Pode-se dizer, ainda mais quando comparada a estudos de abordagens históricas ou sociais, que a filosofia da experimentação científica é incipiente, subdesenvolvida e necessita de um novo impulso (ARABATZIS, 2008; RADDER, 2003).

Na filosofia natural de Aristóteles, dominante até o século XVII, a observação desamparada e a experiência cotidiana representavam um proeminente papel na investigação da natureza. A partir do século XVII, este papel foi gradualmente assumido pela experimentação – uma interrogação ativa, uma intervenção nos processos naturais e uma manipulação das forças da natureza. A ascensão da experimentação, da qual Francis Bacon foi um pioneiro e influente defensor, foi acompanhada pela invenção de novos instrumentos científicos que cumpriam três diferentes funções: expandiam os sentidos (por exemplo, o telescópio, o microscópio); tornavam possível a produção, algumas vezes artificial, de estados controlados (por exemplo, a bomba de ar) – sob estas condições novos fenômenos foram criados; registravam mudanças quantitativas de uma magnitude física (por exemplo, o barômetro). Isto trouxe à tona a questão da validação do conhecimento experimental, calorosamente debatida, mas já no século XVIII, não era mais considerada uma questão filosófica significativa (ARABATZIS, 2008).

No século XIX e início do século XX, os poucos filósofos que escreveram sobre experimentação voltaram suas reflexões sobre diferentes questões, como, por exemplo, o potencial da experimentação para estabelecer ligações causais entre os fenômenos. O filósofo-cientista do final do século XIX Pierre Duhem dirigia suas reflexões sobre os *resultados experimentais* e suas relações com a teoria científica. Uma de suas teses principais é que resultados experimentais são carregados de teoria (ARABATZIS, 2008):

Um experimento em física é a observação precisa de fenômenos acompanhada por uma *interpretação* destes fenômenos; em virtude das teorias admitidas pelo observador, esta interpretação substitui os dados concretos realmente colhidos pela observação abstrata e por representações simbólicas que correspondem a eles [...].
[...] O resultado das operações em que um físico experimental está empenhado, de modo algum, é a percepção de um grupo de fatos concretos; ele é a formulação de um julgamento que relaciona certas ideias abstratas e simbólicas que as teorias sozinhas correlacionam com os fatos realmente observados (DUHEM 1974 apud ARABATZIS, 2008, p. 140-141, grifo do autor).

Silveira (1992) sustenta, baseado em argumentações epistemológicas contemporâneas, que a nossa visão da realidade é determinada pelo conhecimento prévio que temos e todo o conhecimento, inclusive as observações, está impregnado de teoria:

Popper (1975, 1982 e 1985), Kuhn (1979 e 1987), Hanson (1979), Lakatos (1989) e outros filósofos insistentemente notaram que todo o conhecimento, inclusive nossas observações, está impregnado de teorias. São as teorias que orientam o que observar, para onde dirigir a nossa atenção. Desta forma as teorias não procedem de observações; mas ao contrário, as observações são sempre precedidas de teorias. O sujeito tem um papel ativo na construção do conhecimento e as suas teorias determinam como ele percebe o mundo. A experiência sensorial se dá em função de expectativas, de algo teórico – não necessariamente explícito e consciente – que se antecipa a ela. A observação e a interpretação estão indissolivelmente ligadas (SILVEIRA, 1992, p. 38).

Em decorrência desta relação, teríamos que assumir uma “pureza” da teoria e imaginar que toda a teoria previamente construída tenha todos os seus “tijolos” feitos, exclusivamente, de teoria. Isto, obviamente, envolveria também a experimentação. Os experimentos sempre seriam “teoricamente pré-projetados” e serviriam apenas, conforme Silveira (1992), para testar as nossas construções, e, eventualmente, poder constatar que algo vai mal com o nosso conhecimento: quando ele nos leva a fazer uma predição sobre a realidade que acaba não se confirmando. Assim, a experimentação não poderia se constituir uma fonte primária e original do conhecimento. Esta pressuposta pureza da teoria nos levaria a supor que não há utilidade, ou mesmo, necessidade de realização de experimentos prévios, pois o lugar destes seria apenas *a posteriori*, na refutação ou comprovação das teorias e seu papel na construção do conhecimento seria muito limitado.

Um detalhe que pode fazer diferença nesta interpretação está na relação, aparentemente identitária, entre ‘preceder’ (existir antes, anteceder) e ‘proceder’ (de onde veio, a origem, derivado de), sustentada no argumento usado por Silveira (1992). Ele afirma que “as teorias não procedem de observações” (equivalente à “as teorias não se originam ou não derivam de observações”), “mas ao contrário, as observações são sempre precedidas de teorias” (equivalente à “as teorias sempre antecedem as observações”). O

sentido que se quer dar ao termo ‘preceder’ não pode equivaler ao de ‘proceder’. Que os pensamentos (sejam quais forem) sempre ‘precedem’ nossas ações (incluindo observar) e estão anteriormente presentes em qualquer raciocínio que façamos está conforme e nem poderia ser de outra forma. Porém, isso é muito diferente de afirmar que é a ‘procedência’. Qual seria o sentido das frases: “as observações são sempre ‘precedidas’ de teorias” e “as observações são sempre ‘procedidas’ de teorias”?

Poincaré (2008) argumentava contra aqueles que afirmavam a necessidade de experimentar sem ideias preconcebidas. Para ele isso não apenas equivaleria a tornar estéril qualquer experimento, como veríamos tratar-se de uma impossibilidade. Cada experiência traz em si uma concepção do mundo, da qual não pode desfazer-se com tanta facilidade. É preciso, por exemplo, servir-nos da linguagem que é repleta de ideias preconcebidas, e nem poderia ser de outro modo. Porém, alertava que tais ideias são inconscientes, mil vezes mais perigosas do que outras. Há que levar em conta, ainda, que nem mesmo as ideias preconcebidas estarão sempre em relação direta com o experimento.

Martins (1998) apresenta um artigo sobre a descoberta da radioatividade feita por Henri Becquerel em 1896, a qual muitos acreditam ser fruto do acaso. Além de relatar o longo e tortuoso caminho percorrido por Becquerel, discute as *dificuldades de compreensão dos fatos que eram observados*; revelando um episódio muito instrutivo, por mostrar claramente como as *expectativas teóricas podem influenciar as próprias observações*, levando o pesquisador a *ver coisas que não existem*. Em conclusão, o autor denota:

Mais do que diminuir o papel de Becquerel na descoberta da radioatividade, o objetivo [...] foi mostrar a grande dificuldade existente no estabelecimento de fenômenos que não são esperados teoricamente. *É fácil observar o que se prevê – aliás, como se viu, pode-se observar o que foi previsto até quando a previsão é falsa. Muito mais difícil é ver aquilo que contraria todas as expectativas.* O estudo aprofundado de episódios como esse tem grande valor educacional para a formação de um cientista experimental, pois a visão estereotipada do experimentador rebaixa e banaliza o trabalho experimental – quando, na verdade, *o bom trabalho experimental é extremamente difícil, criativo e instigante*, desde que se tenha coragem de enfrentar, no laboratório, *fenômenos que se recusam a*

respeitar as teorias estabelecidas (MARTINS, 1998, p. 47, grifo nosso).

A atual análise filosófica da experimentação, como refere Arabatzis (2008), pode levar a reconsiderar o que se constituiu num dos dogmas centrais da filosofia pós-positivista da ciência conhecido como *observação impregnada de teoria* ou *contaminação teórica da observação* (*theory-ladenness of observation*), bem como, suas implicações para a escolha da teoria. Karl Popper e seus seguidores retratavam a prática experimental como uma *atividade completamente guiada por questões e interesses teóricos*. Um experimento, de acordo com Popper, era *sempre* realizado para *responder uma questão ou testar uma conjectura proposta por um teórico*. Neste sentido *o experimento não tinha independência da teoria* (POPPER 1968 apud ARABATZIS, 2008, grifo nosso).

A escola alemã do “culturalismo metodológico” parece aproximar-se da posição, mais difícil de sustentar, de que experimentação é livre de teoria, ou, pelo menos, de que, em casos importantes, experimentação livre de teoria é possível e ocorre na prática científica. O professor Michael Heidelberger (2003 apud RADDER, 2003) colabora com um estudo mais sistemático desta visão, discutindo as noções de impregnação teórica colocadas por Hanson, Duhem e Kuhn mostrando que elas diferem significativamente. Em particular, argumenta que, para Hanson, significa “impregnação causal” e sugere que questões causais em experimentação podem e devem ser distinguidas de questões teóricas. A mesma distinção é aplicada em sua classificação dos instrumentos científicos. Enquanto experimentos com instrumentos ‘representativos’ são “impregnados de teoria”, o uso de instrumentos ‘produtivos’, ‘construtivos’ ou ‘imitativos’ são baseados em relações causais e assumidos como “livres de teoria” (RADDER, 2003).

A reorientação da análise filosófica tem salientado o aspecto crucial deste trabalho: o papel fundamental do *processo* de experimentação. O que importa é a prática experimental: o design, construção e funcionamento dos arranjos experimentais, os quais revelam ou produzem fenômenos de forma confiável (ARABATZIS, 2008). Um aspecto essencial desta prática

[...] é a obtenção de conhecimento enquanto o experimento está funcionando. Esta é uma razão porque o uso do termo observação, na filosofia da ciência, desempenha um papel relativamente pequeno em ciência experimental. Observação e relatório de medidas... não é nada. Outro tipo de observação é o que conta: a excepcional capacidade para distinguir o que é estranho, errado, instrutivo ou distorcido nas artimanhas de um equipamento (HACKING, 1983 apud ARABATZIS, 2008, p. 163).

A fim de desenvolver uma epistemologia da experimentação, uma teoria do conhecimento experimentalmente obtido, o ponto principal agora é compreender novos fatos experimentais, o processo de descoberta ou de criação (ARABATZIS, 2008).

Já está ultrapassada a ideia da experiência como serva da teoria, sendo o seu propósito testar hipóteses... A experiência não é uma atividade monolítica, mas uma atividade que envolve muitas ideias, muitos tipos de compreensão, bem como muitas capacidades, tem vida própria (HACKING, 1992 apud PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p. 256).

Muitos experimentos são feitos com o propósito de *explorar um novo domínio, sem ter qualquer teoria* sistemática de alto nível *para guiar* suas elaborações e implementações. Há teorias de suporte que são adjacentes e secundárias, mas não exercem o papel direto de conduzir a investigação central. Vários debatedores têm enfatizado que a função da experimentação não está limitada a testar teorias científicas. Seu âmbito é muito mais amplo estendendo-se da medição de constantes físicas até o auxílio na construção de teorias científicas e na exploração sistemática dos fenômenos (STEINLE, 2002 apud ARABATZIS, 2008, grifo nosso). Um paralelo entre a experimentação exploratória e a guiada teoricamente é apresentado na tabela a seguir.

Denota-se que na investigação de fenômenos mais complexos não há teorias de suporte específicas, tanto que o próprio instrumento de pesquisa precisa ser frequentemente remodelado e ajustado para dar conta das nuances inesperadas que surgem ao longo do processo, ou seja, das circunstâncias e eventos não “pré-vistos”.

Tabela – Experimentação dirigida *versus* experimentação exploratória.

	Experimentação Dirigida pela Teoria	Experimentação Exploratória
Objetivo	Testar específicas expectativas	Obter regularidades empíricas; gerar conceitos e classificações
Fenômenos	Sistemas simples/simplificados	Sistemas de interação complexa
Base de Pesquisa	Teoricamente derivada de específicas questões de pesquisa; experimento isolado	Ampla investigação baseada em múltiplos experimentos e suas relações
Teoria	Bem estabelecida; guia o experimento	Frequentemente indisponível
Instrumento	Especificamente projetado	Flexível
Período Histórico	Campo já constituído; expansão e refinamento	‘Situações epistêmicas’ ao invés de campo/tradição/período
Consequência	Clarificação da teoria	Nova e fundamental estrutura conceitual

Fonte: baseado em STEINLE (1997 apud O’MALLEY, 2007, p. 3 [337], tradução nossa).

Apesar das diferenças entre a experimentação dirigida pela teoria e a experimentação exploratória, elas possuem muitas características em comum. Ambas são formas de investigação sistemáticas, progressivas (resultam em melhor compreensão) descritivas, explicativas e avaliativas de conceitos e teorias existentes. Um *continuum* de práticas, com experimentação dirigida pela teoria numa extremidade e experimentação exploratória na outra, pode ser a melhor forma de descrever o relacionamento entre estas duas abordagens científicas. Percebe-se que o processo de investigação não é uma função unívoca de apenas uma destas abordagens. A história de inúmeros casos de pesquisas científicas, em particular sobre alguns fenômenos emergentes, parece mostrar, de acordo com vários grupos engajados na sua exploração e avaliação teórica, que não se encaixam em um determinado ponto deste *continuum*, mas que se movem de um extremo a outro (STEINLE, 1997 apud O’MALLEY, 2007).

Ao contrário do que muitos gostariam, ainda não foi decretada a morte do que chamamos método científico, o qual desfruta, inclusive, de boa saúde. Não há obviamente um único método, mas sim diferentes métodos, adaptados a cada propósito, e que são parte de uma concepção universalista de racionalidade científica. Eles evoluíram através dos tempos e talvez hoje seja mais adequado falarmos em princípios metodológicos. Embora existam diferentes abordagens metodológicas, não devem ser pensadas como rivais ou incompatíveis; na realidade algumas se complementam. É o caso dos métodos indutivismo ingênuo e hipotético-dedutivo. Nenhum método é exclusivo do outro e ambos capturam aspectos importantes da realidade (NOLA; IRZIK, 2005).

Para o indutivismo ingênuo a ciência começa com os fatos observacionais, ou seja, trata-se de uma questão “de baixo para cima”. Em sua versão forte, os fatos estão antes da teoria e são colhidos independentemente de quaisquer considerações teóricas para, posteriormente, serem usados na inferência de hipóteses, generalizações, leis ou teorias. Entretanto, sob uma perspectiva mais ponderada, às vezes, a ciência começa com, e é construída sobre, uma coleção de fatos ou dados, normalmente, mas não sempre, produzida através da observação direta por humanos ou via obtenção de dados pela mensuração ou detecção por instrumentos. Apesar de muitas vezes ser considerada uma tarefa menor e mecânica, em termos de educação científica, os estudantes precisam saber como coletar dados e quais as formas de fazer inferências a partir de tais dados (NOLA; IRZIK, 2005).

Para ilustrar a importância deste método, que tem constituído uma preciosa parte da história da ciência, citamos algumas áreas que se beneficiaram de sua aplicação: a vasta quantidade de dados pertencentes ao catálogo astronômico; o conhecimento para a realização de previsões do tempo com razoável grau de confiança (embasado na coleção de informações sobre o clima); o conhecimento sobre hábitos migratórios das espécies (fundamental para suas preservações) seria impossível sem um minucioso olhar para os fatos envolvidos, por exemplo, na etiquetagem, na colocação de anéis e em suas posteriores recuperações (NOLA; IRZIK, 2005).

Fazer hipóteses sobre um fenômeno, hoje, é bem diferente do que fazer há 500, 200 ou 100 anos atrás. Atualmente dispomos de uma variedade e quantidade extraordinárias de conhecimentos que dão suporte às possíveis teorias e hipóteses. Mas como estes conhecimentos se constituíram? Certamente não sobre bases puramente teóricas. Foram sendo erigidos sobre ou induzidos a partir dos processos e resultados dos experimentos. Se pensarmos nas hipóteses incipientes que se podem aventar a respeito de um fenômeno, sem dispormos de tanta carga histórica, certamente que as bases constituintes deverão ter, como fonte, o aporte da empiria. Explicar hoje o fenômeno da fluorescência, por exemplo, atingimos um patamar de complexidade e detalhamento em nível molecular; nível que sequer “existia” há um tempo. Tradicionalmente, “transmitimos” para os alunos uma explicação pronta que levou séculos para ser construída (entre acertos e desacertos) e a um nível de profundidade jamais atingido. Daí decorre as simplificações e transposições didáticas para o ensino, as quais, muitas vezes sacrificam “a natureza real” (e, por tabela, a verdadeira natureza do trabalho científico) eliminando massas, atritos, etc, em prol de situações ideais e perfeitas para poder enquadrá-la na teoria.

A rejeição ao indutivismo ingênuo tem sido cautelosa por parte de alguns filósofos da ciência. Karl Popper claramente optou pelo método hipotético-dedutivo desprezando o aspecto da coleta de fatos na ciência. Na seção V de seu artigo de 1963, *Ciência: Conjeturas e Refutações*, ele informa que frequentemente caminhava entre estudantes de uma classe de filosofia da ciência e emitia o comando: “Observe!”. Os estudantes ficavam (corretamente) perplexos e não sabiam o que observar. Disto Popper concluiu que nós sempre precisamos de um ponto de vista ou um problema, ou até mesmo uma teoria para nos dirigir em nossas observações. É interessante considerar alguns aspectos para reflexão. Teria Popper utilizado indução para chegar a sua conclusão? Se repetíssemos o mesmo ato de Popper trocando o comando por “Teorize!” ou “Pense!” seria tão vazio de significado que os estudantes reagiriam da mesma forma? Talvez apelando para um dos sentidos o comando adquira autonomia: “Escute!”. O ponto básico de Popper está correto: o comando “Observe!” é direcionável. Dada

uma direção é possível saber o que é para ser observado. Mas há uma sutil dificuldade aqui que precisa ser evitada. O estímulo da curiosidade pode ser condição suficiente para que uma pessoa observe cuidadosamente. O erro é transformar condições que são *suficientes* para motivar a observação, tal como um interesse teórico, em uma condição *necessária*, como a exigência de que toda a observação deve estar sob a luz da teoria (NOLA; IRZIK, 2005, grifo nosso).

Ao usar o microscópio pela primeira vez os estudantes ficam entusiasmados e, frequentemente, adotam uma abordagem semelhante à de Robert Hooke, um dos primeiros a publicar um relato do que ele viu sob o microscópio. Em seu *Micrographia* de 1665 ele descreveu e desenhou extraordinárias figuras daquilo que pôde observar com o recentemente inventado microscópio (olhos e patas de moscas, a ponta de um alfinete, cortiça, pequenos organismos na água, etc). Foi um importante registro do que nunca tinha sido visto antes por ninguém. Ele pode ter tido alguma razão, hoje desconhecida, para selecionar a partir de vários tipos de itens, uns mais do que outros. Talvez tenha sido guiado pela mera curiosidade sobre regiões do micro-mundo previamente inacessível a nós e sobre o qual havia, até aquele tempo, muito interesse e especulação. Hooke não coletou fatos observacionais sob a “luz de alguma teoria”, como alguns de nós poderiam afirmar (NOLA; IRZIK, 2005).

Temos observado que os alunos ao visualizarem preparações histológicas ao microscópio não têm, de modo geral, a mínima ideia do que vão enxergar. Podem imaginar muitas coisas, mas não necessariamente direcionam o seu olhar buscando algo específico. Trata-se de uma contemplação de algo novo que, posteriormente, ocupará um lugar singular na percepção mental. E, mesmo que o professor tenha previamente orientado e “pré-figurado” algum tipo de imagem a ser observada, o olhar inicial do aluno é, predominantemente, exploratório e, aos poucos, vai buscando associações, reconfigurando mentalmente as imagens.

O estudo do comportamento animal é uma área na qual os pesquisadores frequentemente não sabem antecipadamente o que vão aprender. Desde o início dos anos 1960, Jane Goodall tem nos

proporcionado um vasto catálogo do surpreendente comportamento dos chimpanzés em Gombe Park na Tanzânia. Sem conhecimento anterior do comportamento deles e somente armada com o desejo para descobrir informações sobre suas histórias de vida, ela começou como uma observadora ingênua. Seria um erro se Jane Goodall adotasse uma abordagem estritamente comportamentalista sobre os chimpanzés que observou e descrevesse seus comportamentos em uma linguagem destituída de todo o propósito e intencionalidade. Claramente os chimpanzés escolhem quem eles desejam cuidar, brincar ou copular, e as descrições das suas atividades (mais do que mero comportamento) deveriam refletir isto. Um erro oposto seria antropomorfizar demais tais atividades. *Descobrir fatos é uma coisa, descrevê-los é outra.* Amiúde a visão de que toda a observação está impregnada de teoria é considerada para solapar uma coleção de fatos. Mas não há nenhuma razão para que a nossa descrição dos fatos coletados sempre precise estar em alguma alegada *linguagem observacional neutra*, se é que existe tal (NOLA; IRZIK, 2005).

Dizer que não somos uma tábula rasa significa que já possuímos *alguns* conhecimentos. Contudo, não significa que temos conhecimentos prévios sobre todas as coisas, ou seja, não temos *a priori* conhecimentos sobre muitas coisas. Se a observação de fenômenos ou eventos é determinada pelo conhecimento prévio que temos deles, isto implica que, ao nos depararmos com algo inédito, não encontraremos conhecimento algum que dê suporte para ele. O desconhecimento sobre algo original exige, na sua apreciação, reunir os conhecimentos sobre coisas que a ele se assemelham ou que se diferenciam. Porém tais conhecimentos não estabelecem correspondência com o novo, pois só temos conhecimentos prévios de coisas que não são inéditas. A caracterização da novidade depende de diferenciá-la de tudo que já existia antes de sua observação. A investigação nos levará a desvendá-la, tentando aproximar-se cada vez mais daquilo que realmente é. Esta investigação só pode ser conduzida tendo por base teorias já estabelecidas, mas não exatamente sobre o objeto investigado. Estaremos recorrendo à teoria, mas não uma teoria sobre o objeto em questão tendo em vista que, justamente esta, pode estar sendo construída.

A concepção pedagógica que concebe o estudante como um sujeito cognoscente considera o senso comum como parte de sua bagagem cognitiva, fruto de sua interação com o meio. Processada pelas experiências pessoais, essa interação forma o substrato para que elabore suas próprias explicações. Apesar de ingênuas, distorcidas ou limitadas, elas oferecem o lastro intelectual para a aprendizagem de novos conhecimentos. No seu processo de elaboração ou construção, as relações sensoriais orientam as observações que irão formar um quadro empírico responsável pelos dados que procuram descrever a realidade. O senso comum nasce no cotidiano individual, fazendo uso de manifestações especulativas quando se defronta com situações novas ou inusitadas. Estes comportamentos especulativos, quando fazem uso mais intensamente da observação e de comparações referenciadas nos sentidos, podem ser denominados de “experiência pessoal” ou simplesmente “experiência”. Além disso, a manifestação deste comportamento é um atributo natural de todo ser humano (ALVES FILHO, 2000).

O ideal empirista da “observação pura” almejava preservar o fato em si. Tanto quanto possível, evitar uma contaminação teórica prévia. Seria somente após observar que o cientista buscaria associação com alguma imagem que já possuía. Se ele direcionasse o seu olhar estaria buscando adequação aos seus pressupostos e não aos fatos em si. Este enquadramento prejudicaria uma análise mais adequada dos dados obtidos. Embora a imparcialidade ideal não seja viável,

[...] nossas produções intelectuais dependem manifestamente de informações registradas por nossos sentidos. Só que as explicações, mesmo as que se pretendem completamente escoradas pela empiria, vão além dos dados. Teorias não são elaboradas apenas com a matéria-prima dos fatos, mas também com a inventividade da razão humana (OLIVA, 2003 apud QUEIROZ; BARBOSA-LIMA, 2007, p. 278).

O conhecimento a respeito do mundo real pode não emergir diretamente das observações e experimentações, mas parece inconsistente imaginar que *proceda* da pura teoria sem *precedê-las*. Em certa medida, é razoável pensar que, sem primeiro observar, não há como acionar os

referenciais teóricos sejam quais forem. Como fazer uma construção teórica consistente, se não partirmos da observação e da experimentação?

Costa (2006, p. 262, grifo nosso) aponta para uma *relação de simbiose*, mais conciliatória, entre experiência e teoria:

Dizer que “toda a ciência se constrói sobre os resultados da experiência” (PIMENTEL, 1991) é afirmar apenas que a experiência é a base essencial de todo o conhecimento da realidade; não é, de modo algum, pôr de parte, nem sequer subestimar, o valor da teoria. “A teoria proporciona o quadro conceitual que torna a experiência inteligível. A experiência introduz os teóricos em novos domínios da natureza que, por vezes, exigem uma revisão da própria concepção da natureza” (PAGELS, 1986). Envoltos na realidade experimental que os cerca, a qual abrange as [...] *experiências imaginárias, mentais ou ideais*, os teóricos tentam demonstrar experimentalmente as suas teorias. Tanto como expô-las numa linguagem precisa e rigorosa, preocupa-os que elas se confinem estritamente aos dados empíricos. Por sua vez, os experimentalistas tentam formular empiricamente teorias que lhes ofereçam satisfatória sistematização de suas observações [grifo do autor].

Até mesmo nas chamadas experiências mentais ou experiências de pensamento é possível afirmar que, a base de suas construções, suas raízes, são as referências de observações e experiências anteriores.

Tanto Galileu quanto Einstein, para citarmos apenas dois exemplos, teriam realizado *experiências de pensamento*. Reiner (2006) sugere que estas dependem de recordações sensórias, ativadas pelo contexto, construídas pelo aprendiz durante experiências anteriores. Para sustentar sua argumentação, analisa resultados empíricos a fim de explorar o papel de recordações sensórias e esquemas subjacentes em experimentos de pensamento. Tais resultados indicam um conjunto de esquemas incorporados que agem como suposições implícitas e proporcionam contextos primitivos epistemologicamente dependentes que são a base de eventos imaginários. Tais suposições implícitas não são um resultado de processos lógicos cuidadosamente traçados, nem são eles um resultado de uma cultura específica dominante, mas até certo ponto, um resultado de conhecimentos implícitos dos estudantes. *Os processos cognitivos estão associados com a visualização que origina o conhecimento implícito* (REINER, 2006, grifo nosso).

O experimento de pensamento sobre simultaneidade de Einstein tem fases cuidadosamente elaboradas como um cenário que inclui

objetos e eventos tomados de um contexto familiar. *O contexto familiar permite a visualização da cena relevante* (Winchester, 1990). Uma pessoa pode se visualizar dentro do trem, vendo o distante ponto B aproximar-se enquanto que o ponto A se afasta. Ela facilmente verá que um objeto voando do ponto B alcançará o trem antes de um objeto voando do ponto A. Embora nenhuma justificativa seja fornecida, o argumento é convincente. *A dedução é baseada em recordações sensórias de interações entre objetos* que se movem relativos ao observador, enquanto estático ou em movimento. Tal conhecimento está implícito, no sentido que não requer nenhuma prova adicional e emerge fora do contexto. Nisto reside a importância do contexto: ativando o conhecimento implícito que ajuda a visualizar os resultados de um experimento realizado no pensamento (REINER, 2006, tradução, adaptação e grifo nosso).

Sob a perspectiva do empiricismo clássico (Norton, 1991, 1996) os experimentos de pensamento são considerados argumentos lógicos *enraizados em experimentos físicos*. De acordo com esta visão o experimento físico é a estrutura dentro da qual o experimento de pensamento é construído. Qualquer experimento de pensamento é uma forma de argumento que é fundamentada na experiência e segue regras lógicas de inferência que levam a uma conclusão (REINER, 2006).

O processo realmente criativo, aquele que de fato constitui-se, genuinamente em ideias da ciência, na visão de Peirce, não vem da indução (monótona e assim não pode introduzir nada de novo) nem da dedução (estritamente lógica e assim não pode também constituir nada de novo) e sim da *abdução*, um ato de *insight* que consiste em estudar fatos e inventar teorias para explicá-los, embora falível, faz associar o que nunca antes pensáramos em associar. É pois, muito parecido com o salto intuitivo de Einstein o qual é guiado por uma intuição que, *embora transcenda a experiência, é apoiado simpaticamente por ela* (PEIRCE apud BASTOS FILHO, 1995, grifo nosso).

Sobre este aspecto o próprio Einstein considerava que:

[...] Nenhum caminho lógico leva a essas leis elementares, mas apenas a intuição, *apoiada pelo contato simpático com a experiência* [...] não há ponte lógica da experiência para os princípios básicos da teoria [...]. Os físicos acusam muitos epistemologistas de não darem peso suficiente a essa circunstância. (EINSTEIN, 1979 apud BASTOS FILHO, 1995, p. 238, grifo nosso).

A passagem a seguir, de Popper, revela ideias bastante próximas das de Einstein e Peirce expostas anteriormente:

Todavia, a visão que tenho do assunto, valha o que valer, é a de que não existe um método lógico de conceber ideias novas ou de reconstruir logicamente esse processo. [...] toda a descoberta encerra um “elemento irracional” ou uma “intuição criadora” no sentido de Bergson. De modo similar, Einstein fala da ‘busca daquelas leis universais (...) com base nas quais é possível obter, por dedução pura, uma imagem do universo. Não há caminho lógico’, diz ele ‘que leve a essas (...) leis. Elas só podem ser alcançadas por intuição, *alicerçada em algo assim como um amor intelectual aos objetos de experiência*’. (POPPER, 1974 apud BASTOS FILHO, 1995, p. 239-240, grifo nosso).

Na própria teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, com aponta Moreira (1999, p. 153) “a estrutura cognitiva significa [...] uma estrutura hierárquica de conceitos que são *representações de experiências sensoriais* do indivíduo”. Seria possível separar aquilo que, ao longo da nossa constituição, formou o nosso arcabouço teórico das experiências vivenciadas e observações feitas? É razoável admitir que as teorias são (também) impregnadas de experimentações e observações?

Alguns estudiosos afirmam que é um equívoco imaginar que o acúmulo de teorias teria gerado (ou garantido) o progresso científico. Se não o fez, pelo menos deu ao ser humano contemporâneo (*Homo sapiens sapiens*) uma enorme vantagem. O atual conhecimento científico permite-nos uma análise privilegiada a respeito de qualquer fenômeno, sem precedentes na história da ciência. Isaac Newton já teria dito que “se enxerguei mais longe foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes”. Mas quando ainda não havia este acúmulo, como este conhecimento foi sendo construído? Os experimentos e observações surgidos ao longo da história da ciência foram todos previamente planejados para “atingir” objetivos específicos?

Parece-nos, numa visão geral, que grande parte dos sistemas conceituais não foi, retroativamente, construído em bases exclusiva e puramente teóricas. Se assim o fosse, não haveria nada que observássemos que já não estivesse imbricado no domínio do conhecimento prévio.

Entretanto, se admitirmos a impossibilidade de haver experimento livre de teoria, não faz muito sentido a envergadura da crítica que grande

parte dos pesquisadores em ensino de ciências tem auferido para as atividades experimentais, demonstrações e observações. Afinal, se não há como conceber um experimento, ou a mais singela observação, sem que esteja impregnado de teoria, o exercício destas práticas carrega, de antemão, o pensar sobre as teorias em questão. Ou melhor, as teorias (pré-)existentes já vêm *embutidas*. Por ser uma propriedade inerente, as (pré-)concepções dos alunos, sejam quais forem (a maior parte, senso comum ou não científica), correspondem à carga teórica sempre presente.

O 'fazer pelo fazer', severamente combatido, é, sob a luz da teoria da impregnação teórica, realmente possível? Sob esta perspectiva não há como isso ocorrer, pois nenhum ato pode ser realizado sem estar *pré-vinculado* a uma teoria, sem ser *pré-concebido* de alguma forma na mente. O 'fazer' nunca é só um 'fazer', já vem acompanhado de muita teoria.

5 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Os vinte e seis alunos convidados a participar da aplicação do projeto frequentavam o 3º ano do 3º ciclo (equivalente ao 9º ano) do ensino fundamental regular, turma C32, turno da manhã, da Escola Municipal Larry José Ribeiro Alves, localizada no bairro Restinga do município de Porto Alegre. A média de idade era de quatorze anos e, a maioria, oriunda de famílias de baixa renda da comunidade local. Havia doze meninos e quatorze meninas, sendo que um menino foi transferido antes do início das atividades.

Esta turma foi escolhida entre quatro turmas do mesmo ano e ciclo nas quais já lecionava na escola, em função de apresentar, comparativamente às demais, um bom perfil de organização e concentração necessário para a realização de atividades propostas.

A fim de resguardar as identidades dos alunos foi estabelecido um código de referência, conforme a tabela a seguir. O detalhamento dos aspectos éticos relativos a este trabalho, consta nos Apêndices A (Carta ao Diretor da Escola) e B (Projeto de Pesquisa aprovado no Comitê de Ética).

É importante ressaltar o contexto em que o trabalho foi efetivado. A investigação desenvolveu-se totalmente no espaço-tempo escolar tradicional e, portanto, sujeita a toda sorte de percalços característicos do ambiente escolar. As aulas foram inseridas de modo a constituírem parte do planejamento normal e não acarretarem prejuízo do conteúdo previsto. A ideia era justamente o contrário: que o projeto pudesse colaborar trazendo benefícios ao grupo de alunos. A pesquisa realizou-se ao mesmo tempo em que ministrava aulas para outras nove turmas em dois turnos diários de 4h e 30 min cada. Esta dinâmica permitiu a inserção na mesma atmosfera de trabalho do dia-a-dia do professor e seus enfrentamentos: mudanças de horário, indisciplina dos alunos, uso partilhado do laboratório, organização de materiais nos intervalos, elaboração de avaliações, correção de provas e trabalhos, entrega de planos de aula nos prazos, reuniões administrativas e pedagógicas, etc. Considerando ainda os conflitos e tensões interpessoais,

profissionais e institucionais que também, de alguma forma, afetam a qualidade de vida e de trabalho do professor.

Tabela – Relação de alunos participantes da pesquisa e seus respectivos códigos identificadores.

Matrícula	Identificador
4680/2009	A-01
9062/2002	A-02
67771/2005	A-03
4678/2009	A-04
7609/2008	A-05
3891/2002	A-06
66159/2005	A-07
46081/2004	A-08
9000/2002	A-09
6705/2001	A-10
3727/2002	A-11
8532/2001	A-12
6108/2007	A-13
8735/2003	A-14
8834/2007	A-15
8975/2002	A-16
8288/2002	A-17
9003/2002	A-18
3912/2002	A-19
2081/2002	A-20
2752/2001	A-21
9008/2002	A-22
62337/2005	A-23
2777/2001	A-24
46656/2004	A-25

Tais condições foram intencionalmente adotadas para expor o projeto a um panorama que não fosse desvinculado da realidade vivenciada pelo professor, em particular o de ciências (que não é um professor somente de “giz e lousa”). Diferentemente do que ocorre amiúde, desejava-se evitar ambientes artificiais em que tudo se molda favoravelmente para que o pesquisador aplique seu projeto e todos os componentes que possam

porventura atrapalhar são, na medida do possível, eliminados ou minimizados.

Obviamente que o material necessário para levar a termo os experimentos propostos foi previamente providenciado, tornando a pesquisa viável.

5.1 Método de Coleta dos Dados

A escolha de um modo de colher informações de caráter subjetivo não constitui uma tarefa trivial. Existem inúmeros métodos ou técnicas (geralmente utilizados nas áreas das ciências sociais) para obter tais dados. Cada um apresenta vantagens e desvantagens, mesmo quando indicados para determinadas situações de investigação. Por tratar-se de uma investigação predominantemente qualitativa sua alçada é, conforme Denzin e Lincoln (2006, p. 22), “o mundo da experiência vivida, pois é nele que a crença individual e a ação e a cultura entrecruzam-se”.

Interessa-nos salientar os significados que os alunos abstraem de suas ações e das relações que estabelecem com os elementos dos processos experimentais. Denzin e Lincoln (1994 apud TURATO, 2005, p. 509) captam bem este aspecto: “Os pesquisadores qualitativistas estudam as coisas em seu *setting* natural, tentando dar sentido ou interpretar fenômenos nos termos das significações que as pessoas trazem para estes”. Em termos semelhantes, Bogdan e Biklen (1998 apud TURATO, 2005, p. 509) pontuam: “[Os pesquisadores qualitativistas] procuram entender o processo pelo qual as pessoas constroem significados e descrevem o que são estes”.

Os métodos de análise dos dados, em se tratando de informações subjetivas de valor qualitativo, mesclaram componentes da análise textual e interpretativa, da observação e investigação participativas.

Em relação a análise textual e interpretativa, buscou-se indícios e elementos nas manifestações orais e escritas, nas ações e comportamentos durante a confecção e execução dos experimentos, e até nos próprios materiais produzidos, que evidenciaram a formação de conceitos e ideias relacionadas ou pertinentes aos fenômenos investigados, bem como,

denotaram o desenvolvimento de competências gerais e específicas no contexto de cada experimento.

A observação participativa é uma situação singular de pesquisa onde,

[...] observador e observado encontram-se face a face, e onde o processo de coleta de dados se dá no próprio ambiente natural de vida dos observados, que passam a ser vistos não mais como objetos de pesquisa, mas como sujeitos que interagem em dado projeto de estudos (SERVA; JÚNIOR, 1995 apud SANTOS, 2004, n. p.).

Ao optar por estes métodos, espera-se aliar alguns aspectos positivos de cada um, tais como:

- mínima interferência no trabalho próprio dos alunos;
- não induzir ações e respostas;
- obtenção de dados *in loco* dos próprios agentes da pesquisa;
- interação pesquisador/pesquisado;
- melhor compreensão das idiosincrasias do ambiente e seus membros.

Os instrumentos de pesquisa adotados durante as atividades, foram relatórios e questionários individuais e em grupos, anotações e registros feitos pelo pesquisador acompanhando os alunos nas atividades e os próprios materiais produzidos.

Quando pertinente à análise usamos o método quantitativo buscando frequência de respostas em termos absolutos e percentuais, os quais auxiliaram na apreciação do comportamento de resultados e na comparação de determinadas situações.

Deve ficar claro que não se trata de estabelecer aqui um método de avaliação da aprendizagem de competências, o que, de certa forma, já está sendo feito por alguns pesquisadores. Intenciona-se uma maneira de extrair informações que sejam capazes de expressar a afloração e o desenvolvimento de habilidades/competências de interesse, ou seja, obter elementos que possam servir de indicadores de tais produções. Como apontam Soares e Ribeiro (2001, p. 61), a dificuldade em elaborar instrumentos eficazes que registrem a formação de competências (sejam provas ou “diários de bordo”) passa pela questão: “Quais são os elementos ou os indicadores de que o aluno está desenvolvendo competências e não apenas repetindo o que ouviu ou fez?”. Em certa medida acreditamos que são vínculos inerentes ao

processo e não faz sentido querer distingui-los ou separá-los. Talvez uma boa parte da aprendizagem e da formação de competências se dê justamente desta forma. Uma recente descoberta no campo da neurociência a respeito dos neurônios-espelho mostra que imitamos inconscientemente as ações dos outros e, portanto, compartilhamos de alguma forma a experiência deles. Embora estejam mais associados ao espelhamento do movimento e do tato já há estudos sobre o espelhamento das emoções e das intenções. De modo simplificado, mas para uma breve consideração, há indícios de que o cérebro do observador não apenas gera uma ideia vaga da ação do outro, mas também um eco de sua intenção. Isso nos permite vislumbrar planos alheios e seus processos de pensamento sem termos de trabalhar de forma consciente, percebendo, por exemplo, que atos idênticos podem indicar coisas muito diferentes em contextos distintos (CARTER et al, 2009).

Algumas habilidades e competências eram esperadas ou possuíam o potencial para se desenvolverem durante o processo. No entanto, provavelmente, muitas outras surgiram, que por serem imperceptíveis e/ou indetectáveis não foram passíveis de registro.

Todo o material impresso que foi fornecido para os alunos (questionários, roteiros, esquemas) estão representados na formatação que receberam.

5.2 Processo Experimental (PE)

Denominamos processo experimental um conjunto de procedimentos envolvendo diferentes atividades, desenvolvidas em fases, que permitam explorar um determinado tema. As atividades envolvem momentos onde a relação teoria e prática é efetivada de modo a estabelecer um *continuum* e, às vezes, um predomínio de um sobre o outro, porém sem relação hierárquica.

A ideia básica de cada processo é a gradativa familiarização com os materiais, seu manuseio e montagens, a fim de auxiliar o aluno a estabelecer conexões com a teoria subjacente e alimentar a sua autonomia e confiança. Moreira (1999, p. 155) afirma que a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel “recomenda uso de *organizadores prévios* que sirvam de âncora

para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores⁵ que facilitem a aprendizagem subsequente”. A organização dos processos experimentais em etapas preparatórias, onde o aluno vai se tornando íntimo das ações, elementos e relações, pretende exercer esta função.

As aprendizagens e competências advindas de cada processo terão seu desenvolvimento avaliado no capítulo 6.

Quadro 5.1 – Relação dos processos experimentais com a descrição das suas fases e número de horas-aula (h-a).

Processo Experimental	Fases	Nº h-a	Descrição
PE I Ondas Eletromagnéticas e Transmissão de Sinais sem Fio	1ª	1,0	Introdução ao Tema
	2ª	1,0	Teste Pós-Teoria (TPT)
	3ª	0,5	Familiarização com os Materiais e Montagens Básicas
	4ª	0,5	Construção de um Transmissor Rudimentar de Sinais
	5ª	1,0	Construção de Aparato para Demonstrar o Efeito Branly
	6ª	1,0	Teste Pós-Experimentos (TPE)
PE II Experimento de Ciências de Livre Escolha	1ª	1,0	Orientação e Acompanhamento
	2ª	1,0	Demonstração
PE III Fenômenos Luminescentes	1ª	1,0	Luminescência da Clorofila
	2ª	1,0	Fluorescência e Fosforescência
	3ª	2,0	Influência da Concentração e Tipo de Substância
Avaliação Geral		1,0	Formação de Competências e Aprendizagens

O total de horas-aula é de doze, distribuídas ao longo de um trimestre e intercaladas com as aulas normais.

⁵ Subsunçor é uma estrutura do conhecimento específica existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A palavra subsunçor não existe na língua portuguesa; trata-se de uma tentativa de aproximar a palavra inglesa “subsumer”. Seria mais ou menos equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador (MOREIRA, 1999, p.153).

As fases 2, 5 e 6 do Processo Experimental I, a 2 do Processo Experimental II, todas as do Processo Experimental III e a Avaliação Geral, terão seus resultados analisados no capítulo 6.

5.2.1 Processo Experimental I (PE I)

Tema: Ondas Eletromagnéticas e Transmissão de Sinais sem Fio.

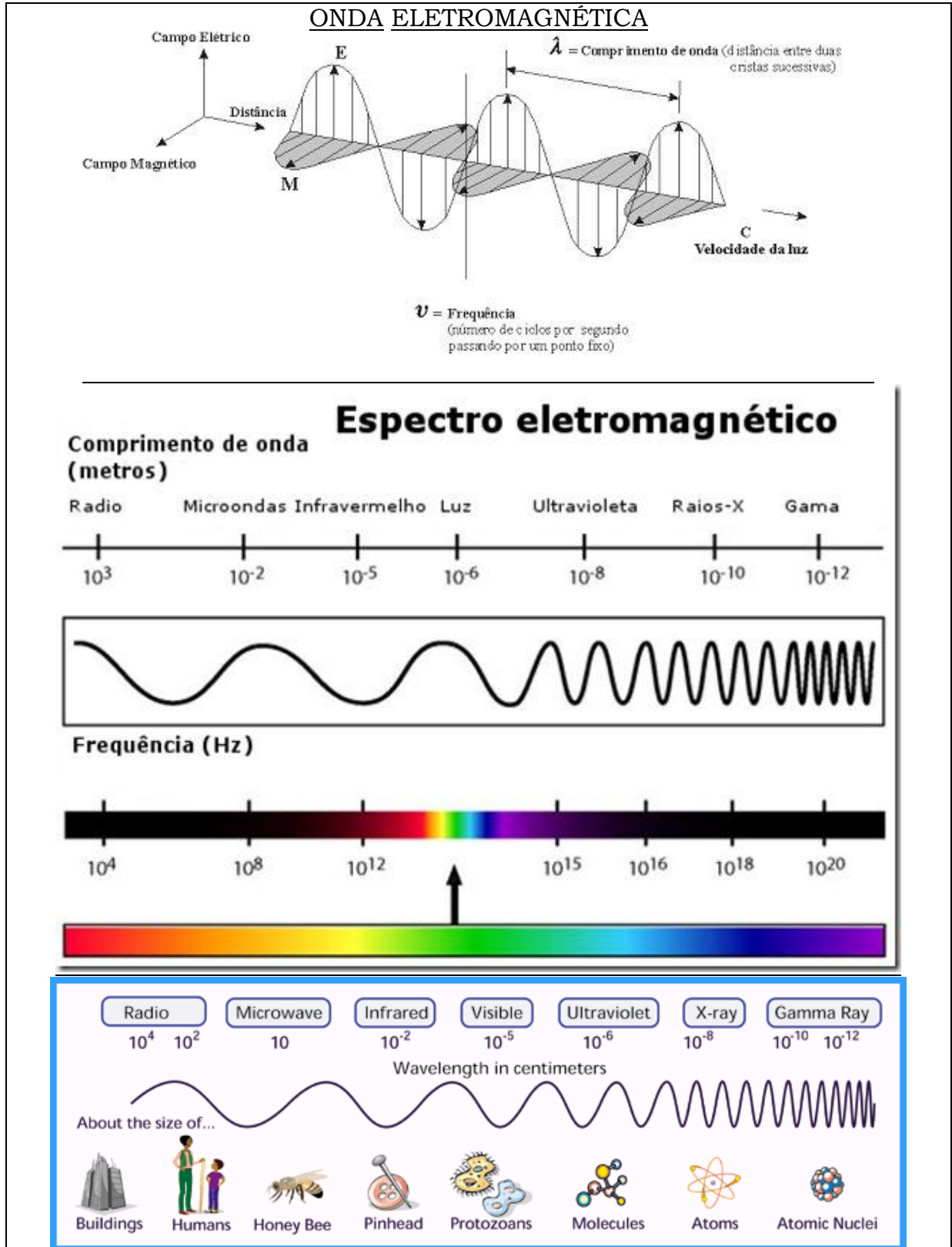
A escolha do tema deveu-se, principalmente, pela proliferação, entre os alunos, do aparelho de telefonia celular; objeto de uso frequente com o qual estabeleciam incrível interação. É possível explorar os princípios físicos relativos à geração e transmissão de sinais (comunicação), os efeitos das ondas eletromagnéticas em meios materiais, em especial os biológicos, e possíveis consequências para a saúde.

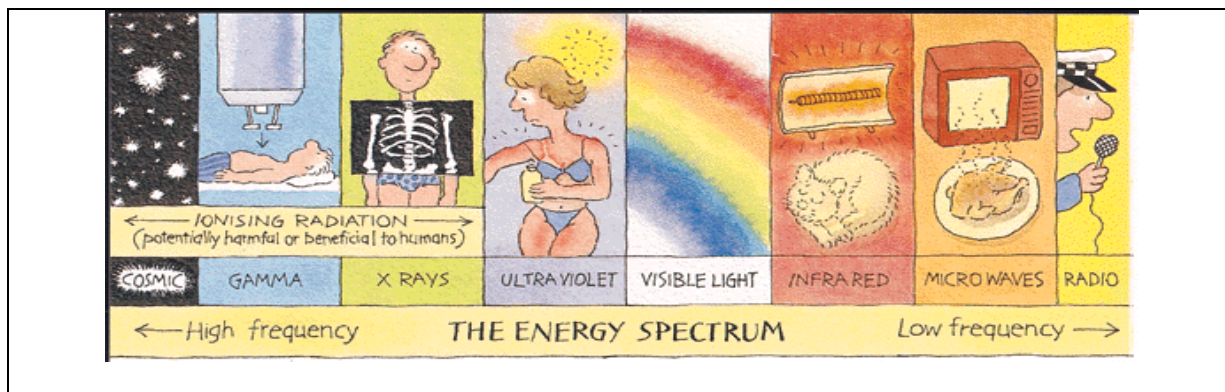
Neste processo, a experimentação serve para introjetar nos esquemas práticos alguns fundamentos teóricos pertinentes. Algumas competências específicas que podem ser trabalhadas nesta fase:

- identificar e reconhecer peças e componentes elétricos;
- montar circuitos elétricos;
- construir componentes e aparelhos;
- fazer funcionar e montagens, circuitos elétricos e aparelhos e
- identificar as causas de possíveis problemas e implementar soluções.

PE I – 1ª Fase: Introdução ao Tema.

Uma abordagem tradicional de exposição de conteúdos dialogando com os alunos a respeito dos principais tópicos sobre ondas abrangendo: definições e conceitos básicos; tipos e classificação; principais propriedades e exemplos. Um enfoque especial foi dado sobre as ondas eletromagnéticas. O material impresso fornecido aos alunos está na figura 5.1. Na figura 5.2 consta o conteúdo trabalhado e repassado, de forma resumida, para que copiassem do quadro. O material de referência usado na explicação do espectro eletromagnético aparece na figura 5.3.





Fontes: http://www.labgis.uerj.br/gis_atualizada/sensoriamento/radiacao.html;
<http://www.scienciapress.com/tag/biophotonic-therapy>;
<https://myasadata.larc.nasa.gov/ElectroMag.html>.

Figura 5.1 – Esquema da onda eletromagnética e desenhos e imagens sobre o espectro eletromagnético e suas faixas.

Capítulo 18

Ondas

1. CONCEITO DE ONDA

Considere duas pessoas segurando as extremidades opostas de uma corda flexível (Fig. 1). Uma pessoa sacode bruscamente a corda para cima e, em seguida, para baixo, provocando neste ponto uma **perturbação** (ou um **abalo**). Este movimento brusco origina uma sinuosidade que se movimenta ao longo da corda, no sentido da outra pessoa. A corda é um meio elástico que, sofrendo uma modificação, tende a retornar a sua posição inicial. Assim, a pessoa, ao sacudir a corda, provoca uma modificação nesta extremidade. Mas como esta tende a retornar a sua posição inicial, a perturbação se afasta do ponto onde foi originada.

No exemplo, a perturbação denomina-se **pulso** e o movimento do pulso constitui uma **onda**.

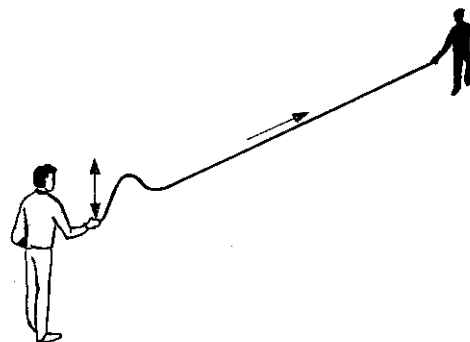


Fig. 1 — Origem e propagação de um pulso em uma corda flexível.

Denomina-se **onda** uma perturbação que se propaga em um meio.

A mão da pessoa, ao movimentar a extremidade, constitui a **fonte** e a corda é o **meio** onde a onda se propaga. A corda não apresenta modificação permanente pela passagem do pulso; quando uma parte da corda é atingida pelo pulso, ela se desloca para cima e, em seguida, para baixo.

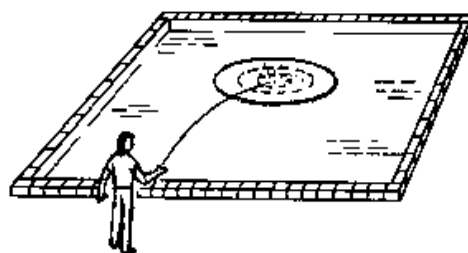


Fig. 2 — Origem e propagação de ondas na superfície da água.

Se deixarmos cair uma pedrinha sobre a superfície de uma piscina de água parada, a perturbação produzida se propaga sob a forma de uma onda circular, com centro no ponto perturbado (Fig. 2).

Um pedaço de cortiça flutuando na superfície da água não será transportado durante a passagem da onda (Fig. 3).

Verifica-se que o pedaço de cortiça se movimenta para cima e para baixo. O fato de a cortiça se movimentar indica que a onda lhe cedeu energia. Esta é uma característica fundamental de todas as ondas que ocorrem na natureza.

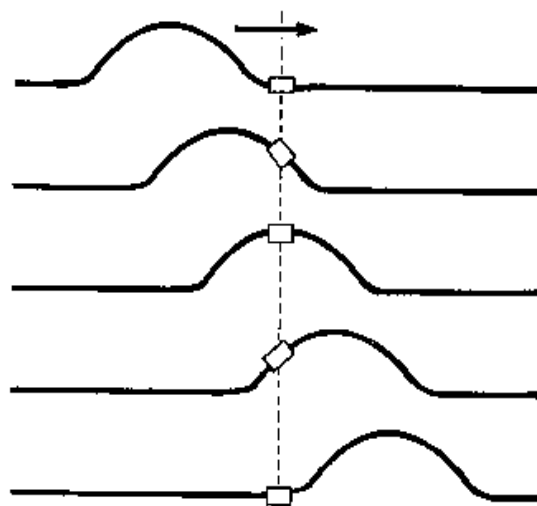


Fig. 3 — A onda na água (vista de perfil) cede energia ao pedaço de cortiça flutuante.

Uma onda transfere energia de um ponto a outro, sem o transporte de matéria entre os pontos.

Em relação à direção de propagação da energia nos meios materiais elásticos, as ondas são classificadas em:

- **unidimensionais**: quando se propagam numa só direção, como ondas em cordas.
- **bidimensionais**: quando se propagam ao longo de um plano, como as ondas na superfície da água.
- **tridimensionais**: quando se propagam em todas as direções, como as ondas sonoras no ar atmosférico.

2. NATUREZA DAS ONDAS

Quanto à sua natureza, as ondas se classificam em **mecânicas** e **eletromagnéticas**.

Ondas mecânicas são aquelas originadas pela deformação de uma região de um meio elástico e que, para se propagarem, necessitam de um meio material. Dai decorre:

As ondas mecânicas não se propagam no vácuo.

As ondas em cordas e na superfície da água, que vimos no item anterior, são exemplos de ondas mecânicas. Outro exemplo muito importante são as **ondas sonoras** (a serem estudadas no capítulo 20) que se propagam nos gases (como no ar, na Fig. 4), líquidos e sólidos.

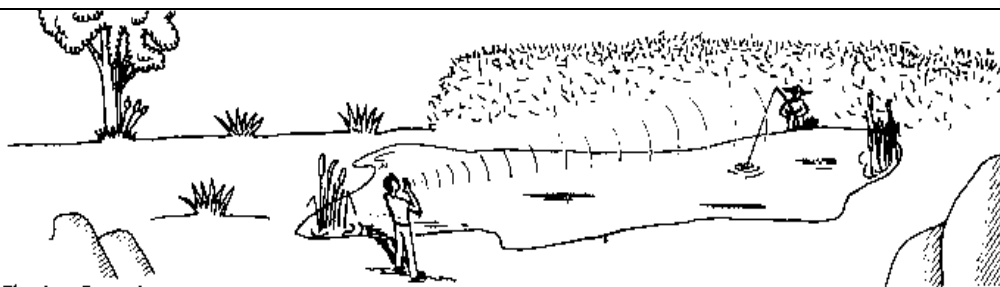


Fig. 4 — Para chamar uma pessoa do lado oposto de um lago, durante o dia, podemos gritar da posição em que nos encontramos. Este grito envia ondas sonoras que se propagam no ar.

Ondas eletromagnéticas são aquelas originadas por cargas elétricas oscilantes, como, por exemplo, elétrons oscilando na antena transmissora de uma estação de rádio ou TV. Elas não necessitam obrigatoriamente de um meio material para se propagarem. Assim:

As ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em certos meios materiais.

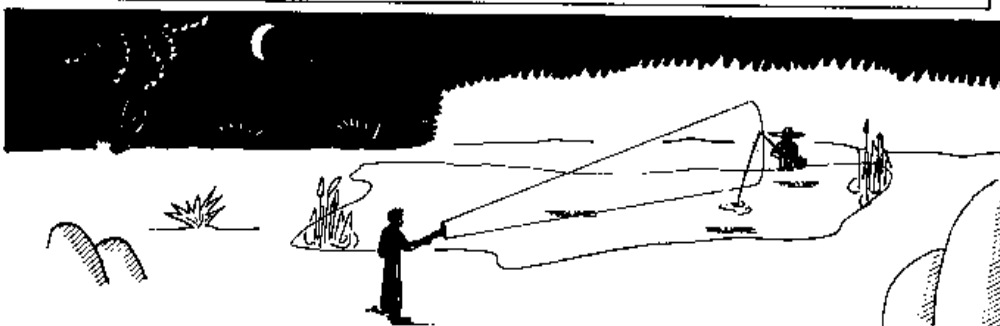


Fig. 5 — Para chamar a atenção de uma pessoa do lado oposto de um lago, durante a noite, podemos acender uma lanterna. As ondas eletromagnéticas, que constituem a luz, impressionam sua retina.

No volume 3, as ondas eletromagnéticas serão estudadas detalhadamente. A luz visível, emitida por uma lanterna (Fig. 5), é um exemplo de onda eletromagnética. Outros exemplos são as ondas de rádio, as microondas, os raios X e os raios γ .

3. TIPOS DE ONDAS

A mola helicoidal da Fig. 6 pode ser usada para demonstrar a existência de, pelo menos, dois tipos diferentes de onda.

Se a extremidade da mola for movimentada para cima e para baixo, como na Fig. 6a, uma onda se propagará ao longo da mola. Se a extremidade da mola for movimentada para frente e para trás, como na Fig. 6b, uma onda de compressão se propagará ao longo da mola.

Denominam-se **ondas transversais** aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração (Fig. 6a). Ondas que se propagam em uma corda e ondas eletromagnéticas são exemplos de ondas transversais.

Denominam-se **ondas longitudinais** aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração (Fig. 6b). O som se propaga nos gases e nos líquidos através de ondas longitudinais.

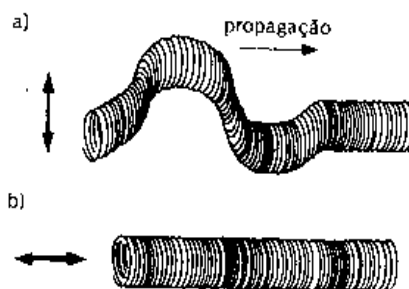


Fig. 6 — Com a mola helicoidal, verificamos a existência de dois tipos de ondas: (a) transversais e (b) longitudinais.

Espectro eletromagnético

A classificação das ondas eletromagnéticas é feita de acordo com sua frequência e está relacionada com a maneira como são geradas. Na figura a seguir, estão indicados os diversos tipos de onda eletromagnética e seus limites de frequências, que, no entanto, não são rígidos e servem apenas como uma indicação. O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas é chamado de **espectro eletromagnético**.

Ondas de rádio

As **ondas de rádio** são as de menor frequência e são geradas por meio de circuitos eletrônicos que provocam a oscilação de elétrons nas antenas utilizadas para as transmissões de rádio, TV e telefonia. Para que não exista interferência nas transmissões, as ondas de rádio são divididas em faixas de frequências, e cada uma dessas faixas é utilizada para determinado fim. As emissoras de rádio que transmitem em AM (amplitude modulada) têm uma faixa, as que transmitem em FM (frequência modulada) têm outra. Existe uma faixa exclusiva para as comunicações por rádio pela polícia, assim como há outra para as comunicações aeronáuticas e outras mais.

As ondas de rádio também são emitidas por corpos celestes, e essa descoberta, por volta da metade do século XX, levou ao surgimento de um novo ramo de Ciência, dedicado ao estudo das ondas emitidas por esses corpos: a radioastronomia. No caso dessas ondas, não foram circuitos elétricos que fizeram as cargas oscilar, mas algumas características elétricas e magnéticas naturais desses corpos celestes.

Microondas

As **microondas** também são geradas por meio de circuitos eletrônicos e utilizadas em telecomunicações via satélite e nos radares.

Outro uso é o forno de microondas. Nele são geradas ondas de uma frequência específica, que é absorvida pelas moléculas de água do alimento. Essa absorção causa aumento na agitação dessas moléculas e o seu conseqüente aquecimento.

Os recipientes que contêm os alimentos, em geral de vidro, plástico ou cerâmica, próprios para forno de microondas, não são aquecidos por essas ondas, pois não contêm água. Seu aquecimento se dá por condução, ao receber calor dos alimentos.

Infravermelho

As **ondas infravermelhas** são produzidas pela agitação térmica dos elétrons em um corpo aquecido. É essa forma de radiação que chega até nós quando estamos em frente a uma lareira ou a um aquecedor elétrico, no processo de transmissão de calor por irradiação. Também o nosso corpo emite radiação infravermelha que pode ser captada por filmes fotográficos especiais.

A radiação infravermelha é utilizada nos binóculos de visão noturna, nos controles remotos dos televisores e dos aparelhos de som e nos satélites meteorológicos que captam a radiação infravermelha emitida pela Terra.

Visível

Há também ondas eletromagnéticas que nossos olhos podem detectar, por isso mesmo chamadas de radiação visível ou simplesmente luz. Essas ondas são emitidas por corpos aquecidos, como a chama de uma vela e o filamento de uma lâmpada incandescente, ou por gases, como nas lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio. No caso dos gases, a luz é emitida por elétrons que mudam de nível de energia nos átomos.

A radiação visível é composta por diversas cores, cada uma correspondendo a uma faixa de frequência.

Ultravioleta

A **radiação ultravioleta** também é produzida quando elétrons mudam de nível de energia nos átomos. O Sol é uma grande fonte de radiação ultravioleta, muito importante para nosso organismo, pois ela auxilia no processo de síntese da vitamina D. A radiação ultravioleta é usada na medicina em exames diagnósticos e também na odontologia, com a finalidade de endurecer as **resinas** utilizadas nas restaurações dentárias. Por outro lado, a radiação ultravioleta é um agente cancerígeno, que aumenta a possibilidade de desenvolvimento de câncer de pele nas pessoas que se expõem à radiação solar com frequência.

Raios gama

As **radiações gama** são as de mais alta frequência e são produzidas pelos núcleos de átomos radioativos. Como são muito energéticas, podem causar danos às células dos organismos, até mesmo provocar o surgimento de câncer. No entanto, essa mesma radiação, em doses controladas, é utilizada para o tratamento do próprio câncer.

Outro uso dos raios gama na medicina é a obtenção de imagens do interior do corpo. Um composto contendo elemento radioativo é administrado ao paciente, e, após certo tempo, um aparelho detecta a radiação emitida por esse elemento radioativo no interior do corpo, processa os dados colhidos e constrói a imagem. Um dos exames que utiliza esse processo é chamado de cintilografia.

Raios X

Os **raios X** são produzidos em equipamentos especiais em que um feixe de elétrons em velocidade elevada é lançado contra uma barreira metálica. No choque, a brusca desaceleração desses elétrons produz os raios X. Devido ao alto poder de penetração dessa radiação, ela é utilizada para obter imagens do interior do nosso corpo em diagnósticos médicos. Os raios X também são utilizados em aplicações industriais e de pesquisa e, em pequenas doses, para tratamento de câncer. Em contrapartida, uma exposição prolongada a raios X pode **induzir** o desenvolvimento de câncer.

As transmissões de rádio e TV

As ondas eletromagnéticas são utilizadas nas transmissões de rádio e TV.



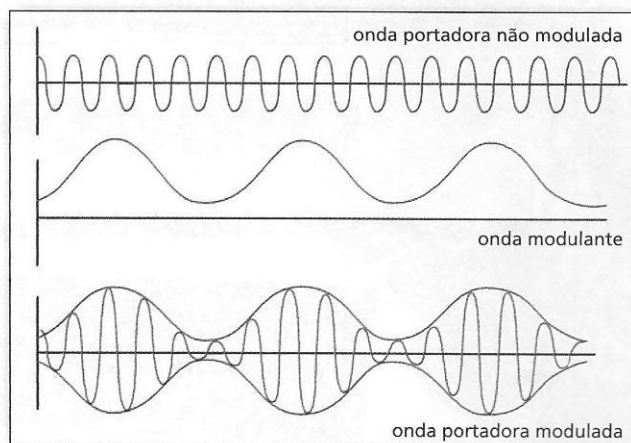
Como é possível transmitir som e luz (imagem da TV) juntos se o som se propaga no ar com velocidade de 340 m/s e a luz, que é uma onda eletromagnética, com velocidade de 300 000 km/s?

Nas transmissões de TV, o som e a imagem são transformados em sinais elétricos pelos microfones e pelas câmaras de vídeo e, em seguida, codificados e inseridos em uma onda eletromagnética, num processo denominado **modulação**. Essa onda é emitida pela antena da emissora e leva o sinal codificado até as antenas dos receptores, que o decodificam e o transformam novamente em som e imagem. Portanto, é uma onda eletromagnética, denominada **portadora**, que transporta as informações de som e de imagem ao mesmo tempo.

No caso das transmissões de rádio, o processo é semelhante, mas apenas o som é codificado na onda portadora.

As emissoras de rádio podem ser de AM ou FM. Essa nomenclatura está relacionada com o modo como os sinais codificados são inseridos nas ondas portadoras.

Cada emissora de rádio opera em uma determinada frequência, que é a frequência da sua onda portadora.



Nas emissoras de AM, a onda sonora está codificada na amplitude da onda portadora.

Fonte: TRIVELLATO, J. et al. Ciências, Natureza e Cotidiano: Ciências, Criatividade, Pesquisa, Conhecimento. São Paulo: FTD. Manual do Professor. 8ª série. 9º ano. 2006. p. 155-158, 160, 162-163.

Figura 5.3 – Descrição dos tipos de ondas eletromagnéticas e as transmissões de rádio e televisão.

PE I – 2ª Fase: Teste Pós-teoria (TPT)

Elaborado visando obter as concepções dos alunos sobre fenômenos naturais e artificiais relacionados à geração, recepção e interferência de ondas eletromagnéticas e suas aplicações tecnológicas. As questões têm relação direta e/ou indireta com as explicações, comentários e exemplos dados durante a aula do PE I – 1ª fase.

QUESTÕES:

1- O que você entende que seja um raio?

2- O que você entende que seja uma faísca?

3- Que tipos de ondas provêm (saem) de:

a) um raio? _____

b) uma faísca? _____

4- Você acha que estas ondas que você citou poderiam causar interferência em algum aparelho? Qual delas?

5- O que você entende por transmissão “wireless” (sem fio)?

6- Se você acha que esta transmissão ocorre através de onda(s), qual a classificação dela(s)?

7- Como você acha que as informações transmitidas são captadas (recebidas) pelo(a):

a) celular ()pela bateria ()pela antena ()outro:_____

b) televisão ()pela tomada ()pela antena ()outro:_____

c) rádio ()pelas pilhas ()pela antena ()outro:_____

8- Classifique o(s) tipo(s) de onda(s) que cada aparelho anterior emite:

- a) celular: _____
- b) televisão: _____
- c) rádio: _____

O teste foi realizado na aula seguinte a aula do PE I – 1ª fase para que o tempo de retenção não fosse tão prejudicado, obtendo imediatamente as respostas dos alunos.

PE I – 3ª Fase: Familiarização com os Materiais e Montagens Básicas.

Os alunos fizeram o reconhecimento dos componentes fundamentais de um circuito elétrico simples (Figura 5.4) e sua montagem. As noções teóricas sobre eletricidade e circuitos foram desenvolvidas ao longo das atividades práticas.

Materiais:

- LED (diodo de emissão luminosa) de alto brilho;
- conector de drive de disquete (soquete para o LED);
- porta-pilhas para duas pilhas tipo AA;
- duas pilhas tipo AA de 1,5 V cada;
- fios de cobre encapados para conexões elétricas;
- lupa manual.

Procedimento:

Observar com a lupa as formas do cátodo e do ânodo no interior do encapsulamento do LED identificando cada um e a conexão elétrica entre eles.

Colocar as pilhas no porta-pilhas cuidando os encaixes conforme os polos. Conectar os terminais do LED nos fios do porta-pilhas observando a adequada ligação entre cátodo e ânodo com os polos negativo e positivo das pilhas.

Quadro 5.2 – Relação de conhecimentos e competências relacionadas à familiarização com os materiais e montagens básicas.

Conhecimentos	Competências
Constituição e funcionamento de uma pilha e de um diodo de emissão luminosa (LED).	- Saber identificar os polos positivo e negativo de uma pilha, o cátodo e o ânodo de um LED, conectando-os corretamente. - Usar um porta-pilhas e inseri-lo no circuito.
Tipos de fios elétricos e condutibilidade elétrica (bons e maus condutores).	Desencapar fios e conectar os elementos do circuito elétrico.
Corrente elétrica.	Interromper e acionar a passagem de corrente elétrica.
Ligação em série.	- Usar fontes de energia conectando-as em série.
Transformação de energia.	- Usar o circuito elétrico para converter energia elétrica em luminosa.

PE I – 4ª Fase: Construção de um Transmissor Rudimentar de Sinais.

Nesta etapa, os alunos tiveram que construir um transmissor de sinais a partir dos materiais fornecidos (Figura 5.4). As atividades⁶ visavam a transmissão de sinais, recepção por rádio e o efeito da blindagem associado à gaiola de Faraday.

Materiais:

- lima (ferramenta);
- porta-pilhas para duas pilhas tipo AA;
- duas pilhas tipo AA de 1,5 V cada;
- fios de cobre encapados para conexões elétricas;
- rádio (aparelho receptor);
- peneira de metal;
- tesoura.

⁶ Adaptadas do Curso Prático de Eletrônica. Newton C. Braga. São Paulo: Saber. 1995. p. 42.

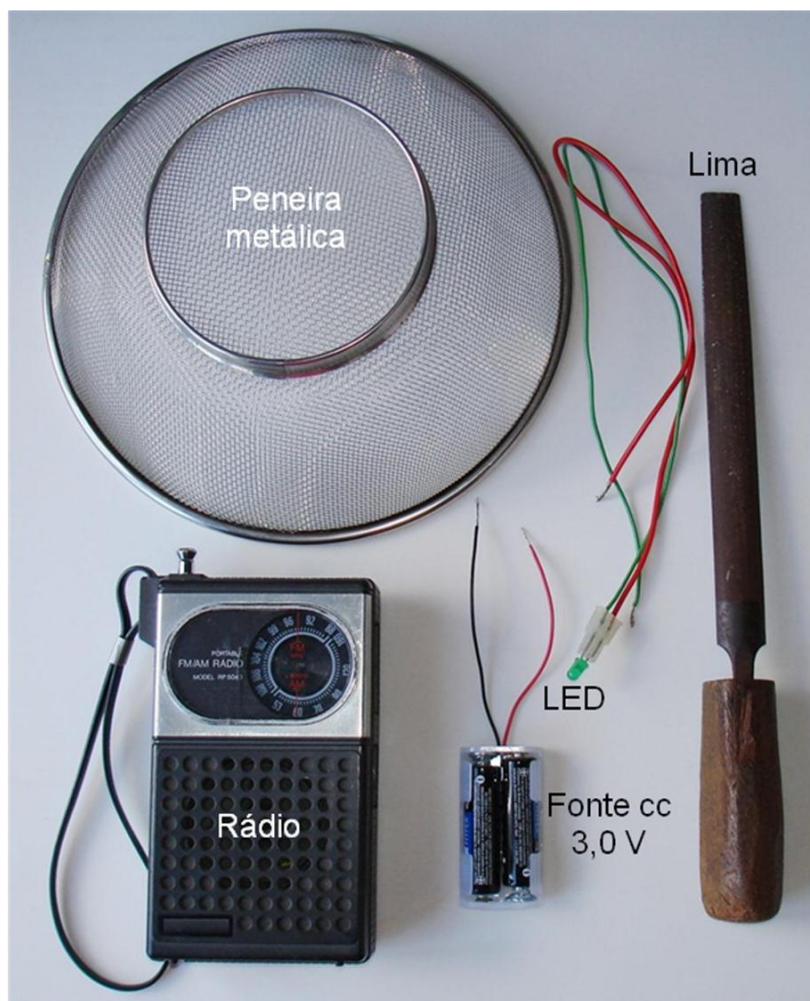


Figura 5.4 – Materiais usados para montagem do circuito elétrico simples e para o experimento de transmissão e recepção de sinais.

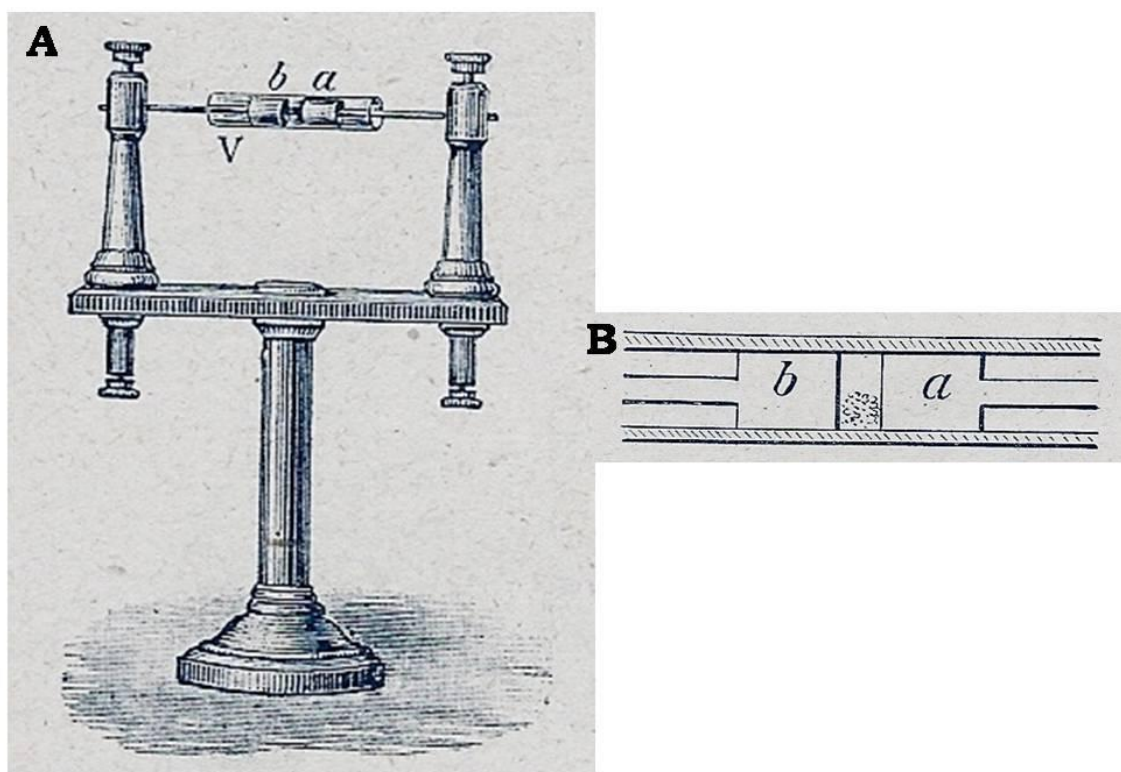
Procedimento:

Esfregar os fios desencapados da fonte um contra o outro para produzir uma faísca (nem sempre visível). Ligar o rádio de modo que nenhuma emissora fique sintonizada para não atrapalhar na recepção. Toda a vez que faíscas forem produzidas, ruídos serão escutados no rádio. Para melhorar o efeito, deve-se encostar um dos fios na parte metálica da lima e friccionar o outro fio na sua superfície estriada. Para verificar o efeito de blindagem associado à gaiola de Faraday, cobrir o rádio com a cúpula metálica (peneira) e repetir o procedimento de produção de faíscas.

PE I – 5ª Fase: Construção de Aparato para Demonstrar o Efeito Branly.

Em 1890, Eugène E. D. Branly descobriu que uma faísca, produzida na vizinhança de um amontoado de grânulos metálicos confinado em um pequeno tubo, diminuía muito a resistência elétrica desse aglomerado. O fenômeno era causado pela ação das ondas eletromagnéticas emanadas da faísca, que alteravam o estado eletrônico dos grânulos, tornando-os condutores. Este fenômeno foi utilizado posteriormente no desenvolvimento do telégrafo sem fio e das telecomunicações (PEREIRA, 2006).

Branly denominou o aparato de radiocondutor. Em 1894, ele foi empregado por Sir Oliver J. Lodge (que cunhou o termo “coesor”) em suas pesquisas, sendo parte importante do bem sucedido sistema de telegrafia sem fio de Marconi. O primeiro radiocondutor conhecido (Figura 5.5) compõe-se de um tubo de vidro (V) com duas rolhas metálicas (a e b) entre as quais se coloca um pouco de limalha metálica (PEREIRA, 2006; PHYSICA, 1921).



Fonte: Physica. Por uma reunião de professores. Noções de Ciências Physicas e Naturaes. Rio de Janeiro: Livraria Paulo de Azevedo, 1921. p. 222.

Figura 5.5 – Ilustração do radiocondutor de Branly.
A – Visão do conjunto do aparato. B – Detalhe do coesor.

O efeito Branly é conhecido há mais de cento e vinte anos pela comunidade científica e, apesar das inúmeras hipóteses e teorias aventadas, algumas bastante complexas, ainda não tem uma explicação consensual ou satisfatória.

O objetivo de apresentá-lo nesta etapa e para o público desta pesquisa é o de mostrar um dispositivo⁷ muito simples capaz de captar uma transmissão de sinais sem fio (*wireless*) e ser usado para “ligar alguma coisa à distância” (no caso, fazer acender um LED). Desta forma pode-se evidenciar o fenômeno básico em que há o envio de um estímulo (“algo invisível” – onda eletromagnética) que aciona um dispositivo, sem a intermediação de fios. Usaremos novamente ondas eletromagnéticas para acionar um interruptor sensível (o coesor de Branly). Há uma analogia direta com o funcionamento de um controle remoto, o que instiga a curiosidade e promove uma visão de ciência aplicada na área da comunicação à distância.

O enfoque aqui não é trabalhar uma explicação do porquê acontece o fenômeno em si, mas mostrar que há muito tempo foi inventado um modo de transmissão de sinais sem fio baseado em dispositivos rudimentares, fáceis de construir. De modo geral, os alunos imaginam que o fenômeno só é possível com o uso de aparelhos sofisticados e complicados construídos com a tecnologia recente.

Materiais:

Os materiais relacionados (Figura 5.6) são destinados ao trabalho em grupo. Foi providenciado o suficiente para os alunos trabalharem formando quatro grupos.

- dois parafusos de metal de 7 mm de diâmetro e 2,5 cm de comprimento;
- dois parafusos de metal de 4 mm de diâmetro e 3 cm de comprimento;
- mangueira de plástico transparente com diâmetro interno de 7 mm;
- porta-pilhas para duas pilhas tipo AA;
- duas pilhas tipo AA de 1,5 V cada;
- limalha de ferro;

⁷ Adaptado de Alejandro del Mazo Vivar. Ondas Eléctricas II. Producir y detectar ondas hertzianas con recursos sencillos. 2009. Disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=7YV6bjU0cI8&feature=player_embedded

- fios de cobre encapados para conexões elétricas;
- LED (diodo de emissão luminosa) de 5 mm de diâmetro;
- conector de drive de disquete (soquete para o LED);
- acendedor de fogão piezelétrico (faiscador);
- tesoura;
- fita adesiva.

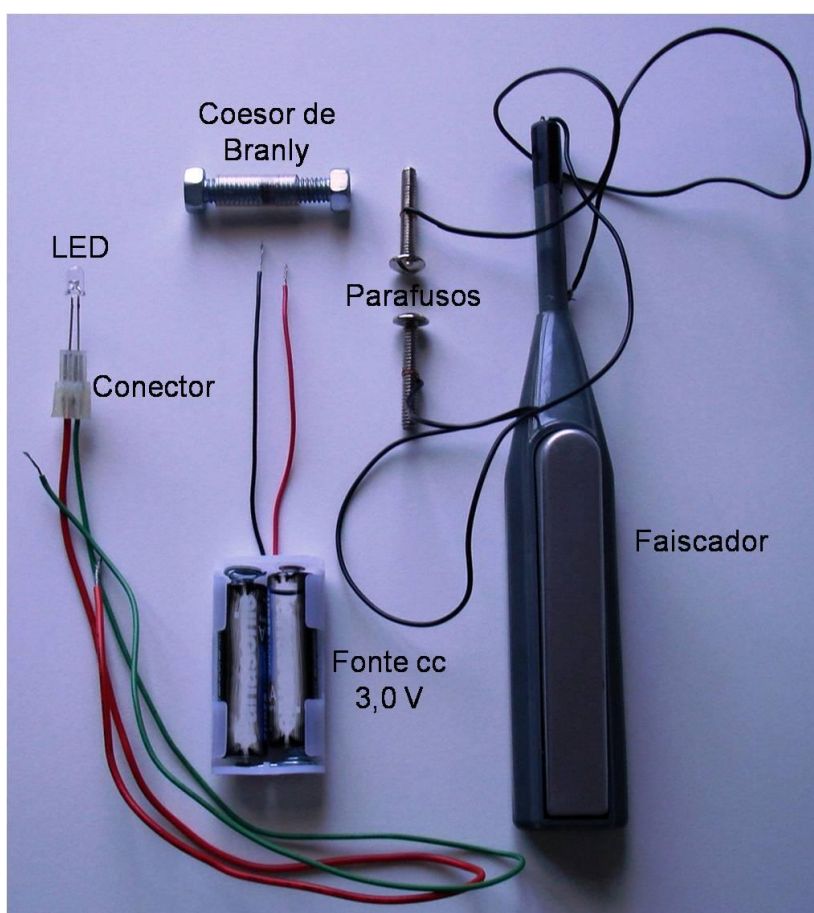


Figura 5.6 – Materiais usados na montagem do experimento do efeito Branly.

Montagem:

A sequência de montagem foi explanada oralmente para os alunos. Modelos das peças que compunham o experimento foram mostrados e a partir deles os alunos confeccionaram seus próprios dispositivos sem nenhuma explicação ou auxílio adicional.

1ª) Montar um dispositivo mecânico (coesor de Branly) que funcionará como elemento interruptor-acionador de um circuito elétrico, conforme o esquema da figura 5.7:

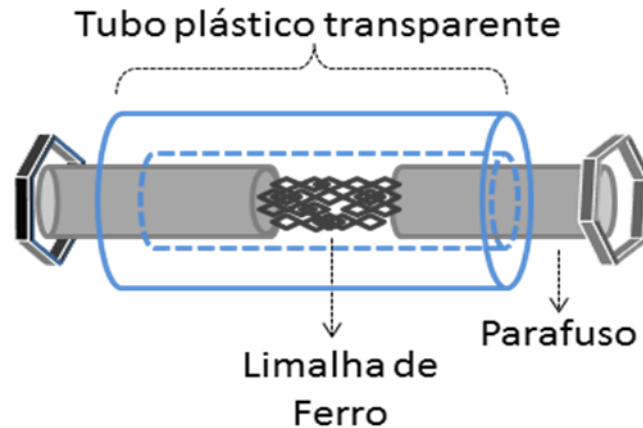


Figura 5.7 – Esquema das partes do coesor de Branly.

2ª) Usar o coesor, como elemento condutor, para montar um circuito elétrico fechado que faz acender um LED.

3ª) Ajustar o coesor, afastando delicadamente os parafusos, para afrouxar as limalhas, até que o LED se apague.

4ª) Acionar o faiscador próximo ao coesor (uns 10 cm de distância) e observar o que acontece.

5ª) Provocar leves perturbações mecânicas (suaves batidas) no coesor e repetir o procedimento anterior.

6ª) Conectar cada um dos terminais do faiscador a um parafuso, usando os fios de cobre encapados. Posicionar este arranjo a cerca de 40 cm do coesor. A configuração do sistema segue o esquema representado na figura 5.8. Ajustar a distância entre os parafusos conectados ao faiscador de forma a obter uma pequena faísca entre eles e observar o que acontece com o LED.

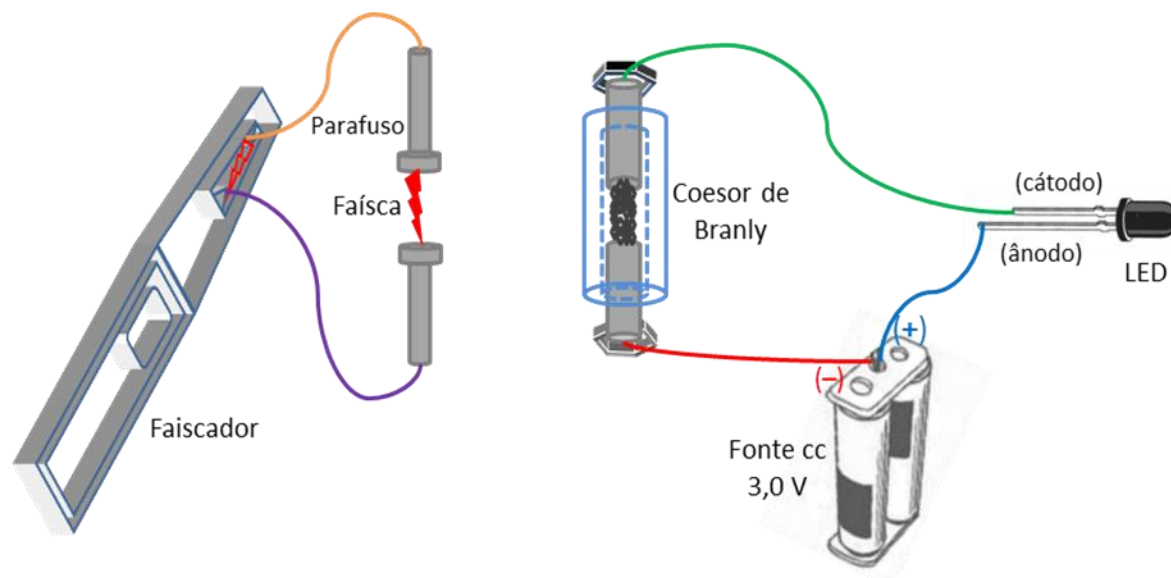


Figura 5.8 – Esquema de montagem do sistema de transmissão e recepção sem fio.

Ao final da atividade foi solicitado que cada grupo entregasse o seguinte relatório:

RELATÓRIO:

- 1) Descrever as dificuldades que tiveram nas montagens. Como foram solucionados os problemas?
- 2) Desenhe o circuito elétrico com o dispositivo interruptor (pode ser um esquema, indicando os polos negativo e positivo das pilhas).

PE I – 6ª Fase: Teste pós-experimentos (TPE)

As questões foram praticamente as mesmas do teste pós-teoria. Uma questão foi adaptada para que o aluno pudesse avaliar melhor suas respostas, contrastando-as, no momento do preenchimento. Realizado trinta e cinco dias após o teste pós-teoria, sem nenhuma revisão neste intervalo.

QUESTÕES:

1- O que você entende que seja um raio?

2- O que você entende que seja uma faísca?

3- Que tipos de ondas provêm (saem) de:

a) um raio? -----

b) uma faísca? -----

4- Você acha que estas ondas que você citou poderiam causar interferência em algum aparelho? Qual delas?

5- O que você entende por transmissão “wireless” (sem fio)?

6- Se você acha que esta transmissão ocorre através de onda(s), qual a classificação dela(s)?

7- Cite o(s) tipo(s) de onda(s) que cada aparelho recebe e emite.

Aparelho	Onda(s) recebida(s)	Onda(s) emitida(s)
Televisão		
Rádio		
Celular		
Micro-ondas	- - x - -	

5.2.2 Processo Experimental II (PE II)

Tema: Experimento de Ciências de Livre Escolha.

A reprodução de um experimento tradicional, mesmo que tenha suas etapas e desenvolvimento descritos detalhadamente e passo a passo, pode se revelar um desafio muito interessante. No momento da montagem e/ou execução, existem muitos aspectos que não funcionam como o esperado, muitos detalhes não previstos ou imperceptíveis surgem. Enfrentar estas

dificuldades e buscar soluções ou alternativas pertinentes são ações desejáveis no processo de aprendizagem.

PE II – 1ª fase: Orientação e Acompanhamento.

Os alunos podiam se organizar em grupos de até três componentes e escolher um experimento de ciências de tema livre que gostariam de demonstrar em aula para os colegas. Sugeriu-se que pesquisassem em livros didáticos e paradidáticos de ciências na biblioteca e em sítios da Internet na sala de informática. Foram alertados para não usarem eletricidade, fogo, substâncias tóxicas ou perigosas, objetos perfuro-cortantes e animais.

Os alunos tiveram que apresentar um relatório por escrito, descrevendo as diversas etapas, explicando os fenômenos e apontando, principalmente, as dificuldades e soluções encontradas.

RELATÓRIO:

A respeito do experimento realizado, descreva:

- o material usado;
- a montagem;
- o procedimento ou desenvolvimento;
- a explicação para o experimento e, principalmente;
- as *dificuldades* enfrentadas e
- as *soluções* propostas.

Foi combinado o prazo de duas semanas para trazerem seus trabalhos para serem avaliados: o andamento, a organização, os materiais, etc. e, eventualmente, sugerir onde conseguir os materiais e onde procurar mais informações. Tomou-se o cuidado de não interferir nos projetos originais dos alunos, estimulando-os e desafiando-os a resolverem os diversos problemas que enfrentavam.

PE II – 2ª fase: Demonstração.

Ao término de mais duas semanas ocorreu a apresentação dos experimentos para os colegas e entrega dos relatórios. No dia da

apresentação, foram feitas anotações e questionamentos para cada grupo, no sentido de obter elementos para análise (capítulo 6).

5.2.3 Processo Experimental III (PE III).⁸

Tema: Fenômenos Luminescentes.

A temática proposta visava a introdução de conceitos relacionados à pesquisa científica contemporânea, cujo desenvolvimento trouxe inúmeras aplicações práticas, explorando conhecimentos relacionados aos fenômenos de interação de ondas eletromagnéticas tanto com materiais inorgânicos quanto orgânicos. Também veio de encontro com a curiosidade manifestada pelos alunos a respeito dos impressionantes efeitos luminosos que apareciam no filme *Avatar* (2009) de James Cameron.

PE III – 1ª Fase: Luminescência da Clorofila.

A análise científica deste fenômeno contribui para uma melhor compreensão do fundamental processo para a vida: a fotossíntese. Dependendo do grau de profundidade a considerar, sua explicação pode abranger conhecimentos altamente complexos e necessariamente interdisciplinares.

Propomos então, uma atividade que permite verificar a capacidade luminescente da clorofila quando estimulada por luz ultravioleta. Esta propriedade está relacionada com a função fisiológica da clorofila que é captar energia luminosa para a fotossíntese.

Para explicação do experimento, de modo sucinto, devemos lembrar que a clorofila presente nas células vegetais, está imersa nas membranas dos tilacóides, nos cloroplastos. Nesta organela, quando fótons de luz estimulam moléculas de clorofila, elétrons excitados são capturados pelos fotossistemas. Estes elétrons fluirão pela cadeia transportadora de elétrons levando à fotofosforilação oxidativa (fase clara da fotossíntese). Portanto, com

⁸ Conjunto de experimentos baseados em Radiações, Moléculas e Genes: Atividades didático-experimentais. SARTORI, P. H. S.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Ribeirão Preto: SBG – Sociedade Brasileira de Genética. 2008.

os cloroplastos intactos, a clorofila “excitada” alimentará a fotossíntese. Porém, se a clorofila for extraída da membrana dos tilacóides, deixando-a livre em alguma solução, quando for excitada, alguns elétrons da molécula da clorofila receberão energia dos fótons e mudarão de orbitais. Como estes elétrons não podem mais ser “capturados” pelo fotossistema, retornarão aos seus orbitais liberando a energia recebida sob a forma de luz, fluorescendo.

Obviamente que o entendimento desta explicação não é acessível ao nível de ensino fundamental. A ideia não é transmitir-lhes uma explicação pronta do fenômeno, mas, além de conhecê-lo e explorá-lo, provocar uma inquietação produzida pelo efeito surpreendente e inesperado. Ou seja, fazê-los argumentar diante de algo inusitado e levantar hipóteses plausíveis com o que foi observado.

Materiais:

- folhas verdes de uma planta;
- copo de Becker pequeno;
- tubo de ensaio;
- bastão de vidro;
- funil;
- álcool etílico hidratado 92,8° INPM;
- coador de papel;
- LED UV (diodo de emissão luminosa ultravioleta) de alto brilho de 5 mm de diâmetro;
- conector de drive de disquete (soquete para o LED);
- porta-pilhas para duas pilhas tipo AA;
- duas pilhas tipo AA de 1,5 V.

Procedimento:

Nesta atividade os alunos seguiram a seguinte sequência de procedimentos que foi explanada oralmente concomitante a uma breve demonstração:

- macerar duas ou três folhas verdes picadas com um pouco de álcool;
- coar e transferir o líquido verde obtido para um tubo de ensaio;

- visualizar o material sob a luz do LED UV;
- registrar a cor que o extrato alcoólico de clorofila fluoresce.

Para o aluno que não possui, como o cientista, uma base teórica mais refinada, atualizada e complexa, e pela primeira vez está presenciando o fenômeno, interessa-nos estimular o senso analítico-descritivo e que ele postule argumentos plausíveis que possam justificar o que foi observado.

O relatório solicitado por escrito foi preenchido individualmente, apesar dos experimentos terem sido feitos em grupos.

RELATÓRIO:

A respeito do experimento realizado escreva:

- uma listagem dos materiais utilizados;
- a descrição das etapas;
- o fenômeno observado;
- uma hipótese (explicação do que aconteceu).

PE III – 2ª Fase: Fluorescência e Fosforescência.

O experimento consiste em submeter alguns tipos de materiais e substâncias à ação da luz ultravioleta, observando o comportamento em termos luminescentes.

A ideia básica do experimento proposto é demarcar a principal diferença entre dois fenômenos luminescentes, a fluorescência e a fosforescência, que são comumente confundidos. Sob o aspecto visual, o critério básico de distinção entre eles é a permanência da luminescência após cessar o estímulo (luz excitadora): a fluorescência cessa praticamente no mesmo instante em que o estímulo é interrompido enquanto que a fosforescência ainda permanece por certo tempo.

Além disso, é possível investigar a ocorrência destes fenômenos em diferentes materiais e substâncias, tanto sólidas como líquidas, verificando quais parâmetros podem ser variados.

Materiais:

- câmara de exposição ultravioleta (Figura 5.9 e Apêndice C);
- frascos transparentes pequenos com 2 cm de diâmetro e 3,5 cm de altura;
- água tônica (contendo sulfato de quinina);
- fluoresceína – solução oftálmica estéril (contendo fluoresceína sódica 1%);
- enfeites fosforescentes (contendo sulfeto de zinco);
- complexo capilar Vitamina A (contendo retinol);
- araldite® transparente (usada como cola entre uma pedra e a base de um anel);
- fio de linha de cor laranja néon;
- retalhos de tecidos brancos;
- cartões de crédito.

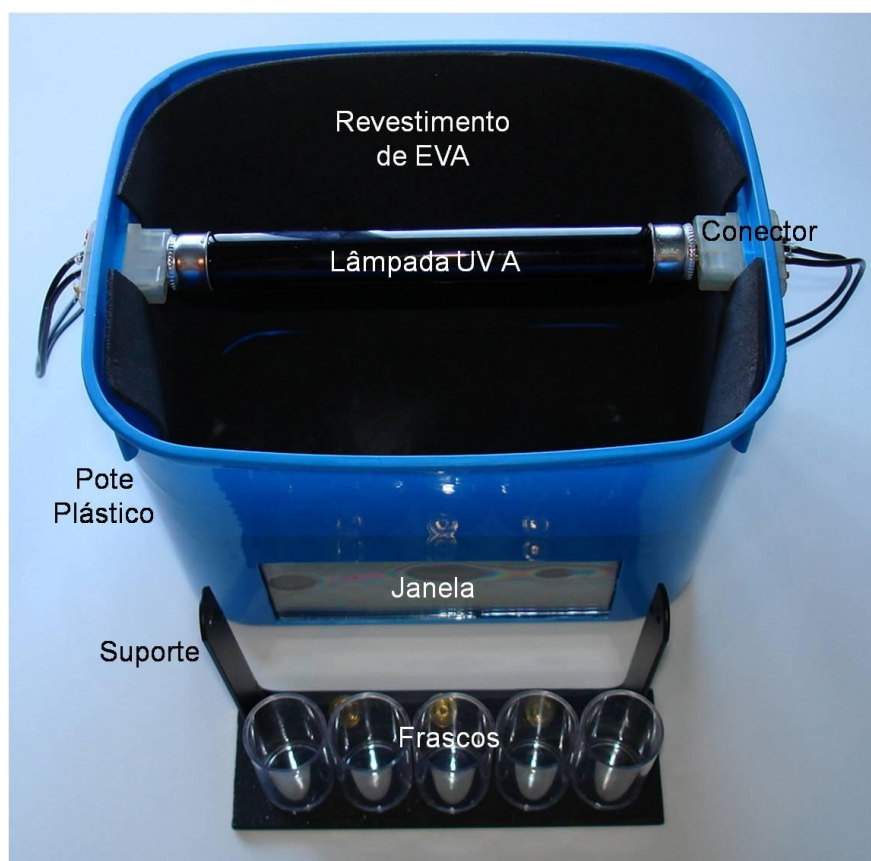


Figura 5.9 – Materiais usados nos experimentos sobre luminescência. Em destaque, a câmara de exposição ultravioleta.

Procedimento:

A montagem da câmara de exposição ultravioleta está detalhada no apêndice C e não foi realizada pelos alunos. Dada a complexidade e os riscos envolvidos na sua confecção, foi levada uma pronta para uso.

Os alunos foram orientados a colocarem os objetos e amostras das substâncias no interior da câmara de exposição. Foi solicitado que observassem bem os elementos sob iluminação ambiente (Figura 5.10-A). Escureceu-se o ambiente tanto quanto possível para então visualizá-los sob luz ultravioleta (Figura 5.10-B).

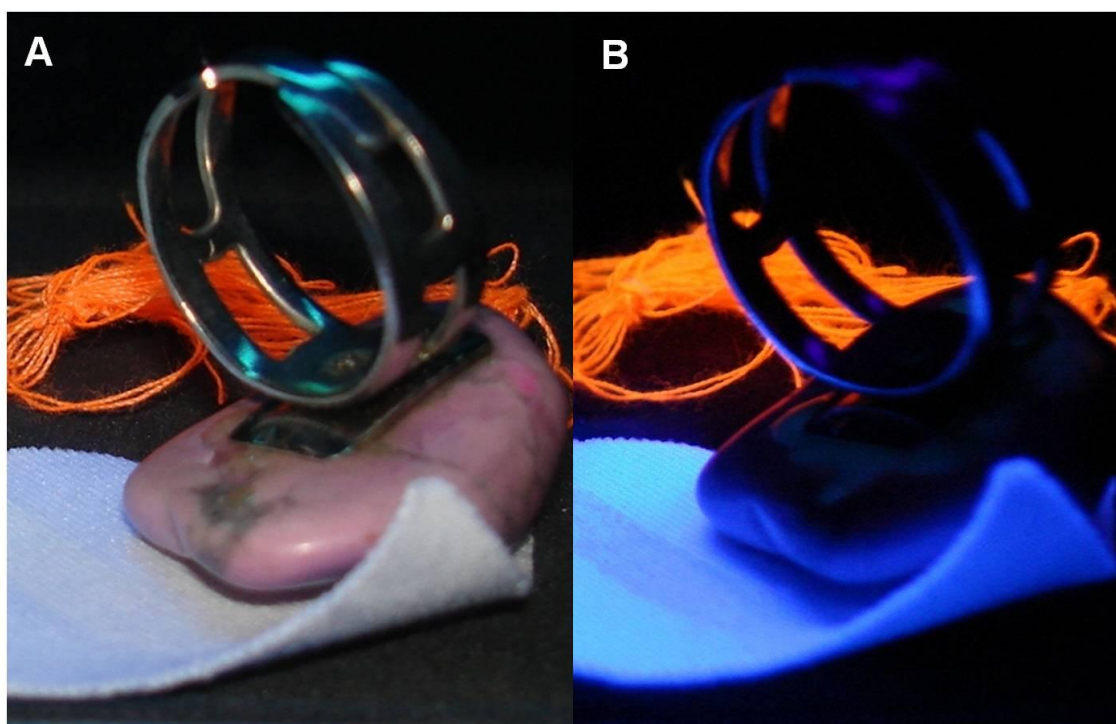


Figura 5.10 – Amostras de alguns materiais sob iluminação ambiente (A) e sob luz ultravioleta (B).

Seguindo as orientações de um breve roteiro, os alunos avaliaram as alterações ocorridas refletindo sobre suas causas e responderam algumas questões relativas às variáveis do experimento e ao uso da luz ultravioleta em investigações.

ROTEIRO E QUESTIONÁRIO:

Fenômenos de Luminescência.

- 1) Observar as demonstrações e verificar a diferença quando a luz UV está acesa e quando está apagada.
- 2) Apontar as possíveis causas dos fenômenos.
- 3) Quais fatores do experimento podem ser variados?
- 4) Você poderia usar esta propriedade da luz UV para investigar alguma coisa? O quê?

PE III – 3ª Fase: Influência da Concentração e Tipo de Substância.

Nesta fase propôs-se a utilização da câmara de exposição ultravioleta para observar a variação da luminescência (brilho) de amostras de água tônica previamente preparadas em diferentes concentrações e de amostras com o acréscimo de diferentes solutos.

O experimento visa estabelecer uma relação entre a concentração de uma substância fluorescente (neste caso, o sulfato de quinina presente na água tônica) e a intensidade de sua luminescência. Ou seja, permite o aluno verificar se a concentração (uma variável) influencia no fenômeno da luminescência e em que grau isso ocorre. Também possibilita perceber o efeito causado pela adição de certas substâncias na intensidade da luminescência. O cloreto de sódio, por exemplo, quando dissolvido na água tônica, atua como um dissipador da fluorescência, diminuindo sua intensidade.

Materiais:

- câmara de exposição ultravioleta (Figura 5.9 e Apêndice C);
- frascos transparentes pequenos com 2 cm de diâmetro e 3,5 cm de altura;
- pequeno suporte de madeira para os frascos;
- água tônica light (contendo sulfato de quinina);
- sal de cozinha (cloreto de sódio);
- açúcar refinado;
- provetas graduadas de 50 mL e de 100 mL;
- pipetas graduadas de 10 mL;

- beakers graduados de 400 mL;
- bastões de vidro.

Procedimento:

O roteiro a seguir foi repassado para cada um dos quatro grupos de trabalho. As instruções de como preparar as amostras de água tônica foram explicitadas oralmente.

PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS:

1° Experimento: Concentração X Luminescência

AMOSTRA	Volume de Água Tônica	Volume de Água	Proporção Água Tônica : Água
1	1,0 mL	8,0 mL	1 : 8
2	2,0 mL	8,0 mL	1 : 4
3	3,0 mL	6,0 mL	1 : 2
4	3,0 mL	4,0 mL	3 : 4
5	7,0 mL	-----	-----

2° Experimento: Tipo de Substância Adicionada X Luminescência

AMOSTRA	Volume de Água Tônica	Substância Adicionada
1	7,0 mL	-----
2	7,0 mL	Sal (2 colheres)
3	7,0 mL	Açúcar (2 colheres)

Após o preparo das amostras elas foram dispostas sobre o suporte em ordem numérica e colocadas dentro da câmara de exposição ultravioleta para que os alunos comparassem seus brilhos e respondessem os itens referentes aos experimentos.

Os alunos deveriam ter determinado o percentual de água tônica na solução, mas devido ao tempo gasto no preparo das amostras ter sido além do previsto, esta tarefa foi cancelada para priorizar outras de maior relevância.

1º Experimento: Concentração X Luminescência

AMOSTRA	Percentual de Água Tônica na Solução
1	
2	
3	
4	
5	

$$\text{Percentual de Água Tônica na Solução} = \frac{\text{Volume de Água Tônica}}{\text{Volume da Solução}} \times 100\%$$

1) Você acha que as soluções mais diluídas contêm:

- maior concentração de quinino
- menor concentração de quinino
- igual concentração de quinino

2) A respeito do brilho das diferentes soluções sob luz UV:

- umas brilham mais do que as outras
- os brilhos são iguais em todas
- não consigo comparar os brilhos apenas olhando

3) Se você acha que há diferença nos brilhos das soluções, marque a melhor opção:

- o brilho vai aumentando da solução mais diluída para a menos diluída
- o brilho vai aumentando da solução menos diluída para a mais diluída

4) Portanto é possível afirmar que:

- quanto maior a concentração de quinino, maior o brilho da solução
- quanto maior a concentração de quinino, menor o brilho da solução
- a concentração de quinino não influencia no brilho da solução

2º Experimento: Tipo de Substância Adicionada X Luminescência

1) Ao comparar as amostras de água tônica pura com as que foram misturadas com sal ou com açúcar, quando iluminadas por luz UV:

- não observo diferença de brilho entre elas
- observo que há diferença de brilho entre elas
- não consigo comparar os brilhos apenas olhando

2) Marque a opção (a ou b) que mais se aproxima do que você observa, completando o que é solicitado:

a () As três amostras apresentam brilhos de diferentes intensidades. Neste caso, coloque em ordem (1º, 2º, 3º) partindo daquele que mais brilha para aquele que menos brilha:

(_ _) Água Tônica+Sal (_ _) Água Tônica+Açúcar (_ _) Água Tônica Pura

b () Das três amostras, duas apresentam brilhos de mesma intensidade.

Neste caso, marque as duas que apresentam o mesmo brilho:

() Água Tônica+Sal () Água Tônica+Açúcar () Água Tônica Pura

3) Você acha que alguma das substâncias adicionadas diminuiu o brilho da água tônica? () Sim. Qual? _____

() Não

4) Você acha que alguma das substâncias adicionadas aumentou o brilho da água tônica? () Sim. Qual? _____

() Não

Questões:

1 - Cite alguns procedimentos ou cuidados que foram adotados para:

a) evitar a influência da luz do ambiente:

b) que todas as amostras recebessem a mesma quantidade de luz UV:

2 - Cite algumas habilidades que você usou durante os experimentos:

5.3 Avaliação Geral

Ao final dos processos experimentais, realizamos uma sondagem buscando as opiniões dos alunos em relação a tópicos fundamentais em torno da formação de competências e aprendizagens científicas.

Consideramos esta etapa muito importante tendo em vista estarmos inseridos no âmbito da educação e, sendo os alunos os principais envolvidos no processo desta investigação, interessou-nos recolher suas próprias percepções, a perspectiva de quem, de fato, realizou os experimentos.

Compete-nos, portanto, não apenas por questões éticas, mas especialmente por reconhecermos a singular posição que ocupam, considerar as autorreflexões dos alunos como subsídios essenciais para análise do escopo principal. Não acreditamos que eles seriam autoindulgentes, querendo agradar ou esperando uma melhor avaliação, pois foram prévia e amplamente esclarecidos sobre o trabalho de pesquisa acadêmico que participavam (vide Projeto de Pesquisa Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM – Apêndice B). Não se trata propriamente de uma “autoavaliação de desempenho”. Se lhes demos crédito e confiamos em todas as suas outras manifestações anteriores (as quais tinham, de certa forma, um compromisso de garantir bom desempenho), não faz sentido duvidar de suas impressões neste momento em que tiveram que julgar e justificar aspectos chaves de seu próprio processo.

Antes de responderem foram esclarecidos de cada item para que soubessem do que se tratava e entendessem os termos envolvidos. Deviam fazer uma análise crítica sobre seus próprios desenvolvimentos em vários itens. Não apenas marcar um qualificador que mais se ajustasse, mas também explicar ou exemplificar para estabelecer uma coerência.

QUESTIONÁRIO

A respeito das atividades experimentais realizadas, coloque nos parênteses o número que você acha mais adequado para cada item.

Explique ou dê exemplos.

1 – Aumentou 2 – Diminuiu 3 – Não alterou 4 – Não sei avaliar

1) Sua criatividade ()

2) Sua percepção/conhecimento sobre os fenômenos estudados ()

3) Sua capacidade de explorar/investigar os assuntos ()

4) Sua compreensão/entendimento sobre os conceitos abordados ()

5) Sua habilidade em montar/preparar materiais/aparelhos ()

6) Sua capacidade de identificar as variáveis/elementos que influem nos fenômenos ()

7) Sua capacidade para elaborar hipóteses (suposições, teorias) para explicar o que estava acontecendo ()

8) Você acha que aprende melhor fazendo experiências ou sem fazê-las? Explique.

9) Você acha que aprendeu (marque com X):

a) durante a realização de cada experimento? () sim () não

b) somente no final de cada experimento? () sim () não

10) Enquanto você monta e realiza uma experiência você acha que

está, ao mesmo tempo:

a) aprendendo outros assuntos? Quais?

b) adquirindo habilidades? Quais?

c) percebendo detalhes que não seriam percebidos a não ser fazendo a experiência? Quais?

6 RESULTADOS E ANÁLISES

É importante chamar a atenção que, na maioria das atividades, a frequência de comparecimento dos alunos foi bastante variável, oscilando entre 20% (dias chuvosos) até 80%. Então, dependendo do dia, houve uma diminuição significativa dos dados obtidos. Muitos alunos que compareciam em aulas preparatórias (fases iniciais de cada processo) não apareciam nas aulas seguintes e, alguns que não haviam participado das aulas preparatórias estavam presentes em aulas posteriores.

As respostas foram transcritas de tal forma a preservar a integridade do pensamento do aluno, sendo corrigidos e ajustados apenas aspectos de concordância e ortografia, mantendo-se o sentido e a estrutura frasal manifesta. Alguns termos e expressões foram conservados na sua forma original, mesmo que inexistentes ou inapropriados, para preservar a locução dos estudantes. Para expressar os valores obtidos dos cálculos de percentagem foi feito um arredondamento do resultado final.

Analisaremos as produções obtidas durante as fases dos processos experimentais, salientando indícios de formação de competências científicas bem como de aprendizagens que tenham resultado dos processos de experimentação. Nosso enfoque será o teor qualitativo das manifestações orais, escritas e participações (ações) dos alunos.

6.1 Resultados do Processo Experimental I: Ondas Eletromagnéticas e Transmissão de Sinais sem Fio.

Este processo foi realizado em seis fases. Analisamos os resultados do teste pós-teoria (2ª fase), da construção do aparato para demonstrar o efeito Branly (5ª fase) e do teste pós-experimento (6ª fase).

6.1.1 Resultados do PE I – 2ª fase: Teste Pós-Teoria e do PE I – 6ª fase: Teste Pós-Experimentos:

Os resultados das questões estão apresentados, conforme a sequência: teste pós-teoria (TPT), teste pós-experimentos (TPE), análises e comentários.

O número de alunos participantes no TPT foi dezessete, enquanto que no TPE foi quatorze. Todos os alunos que responderam os dois questionários estavam presentes na 1ª fase do PE I onde foi ministrada a aula teórica expositiva. Dos dezessete alunos que participaram do TPT, onze estavam presentes no grupo de quatorze alunos que responderam o TPE perfazendo um percentual de 78,6% que permite a comparação de resultados. Os três alunos que responderam o TPE e não estavam presentes no TPT participaram das etapas práticas intermediárias.

Dado o contexto deste nível de ensino, muitas das respostas fornecidas são bastante instigantes. No sentido de validar aquelas que, de alguma forma, tinham relação correta com o fenômeno, foram consideradas respostas *pertinentes*. Para fins de identificação, estas respostas estão destacadas em negrito nos seus respectivos valores percentuais.

Considerando que houve um intervalo de cinco semanas entre os testes e que, neste período, não houve nenhuma revisão de conteúdo, é esperado um decréscimo na retenção de termos e significados mais complexos explicados na fase inicial (teórica).

De modo geral pode-se constatar uma melhoria na qualidade das respostas dadas no teste pós-experimento. O vocabulário foi ampliado, com a projeção das ideias em frases mais elaboradas, sustentando melhor os argumentos. Também houve uma melhor adequação dos termos utilizados.

Tabela 6.1 – Respostas da questão 1: O que você entende que seja um raio?

Respostas do TPT	Frequência	%
Descarga elétrica	05	29,4
Descarga de energia	02	11,7
Rajada de eletricidade	01	5,9
Elemento que pode cair tanto do céu quanto da terra	01	5,9
Força/energia que sobe puxada por outra	01	5,9
Carga elétrica de energia magnética	01	5,9
Descarga de energia magnética	01	5,9
Luz /energia/fusão entre nuvens altamente carregadas	01	5,9

Círculo que permite ver a distância em metros	01	5,9
Ondas	01	5,9
Não respondeu	02	11,7
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Raio ultravioleta, raio x, tem funções importantes, mas podem prejudicar	01	7,1
Faíscas de eletricidade que pulam entre nuvens ou atingem o chão	01	7,1
Raio transmissor que transmite raio para as casas e lugares	01	7,1
Tipo de energia que é lançada, elétrica ou radioativa	01	7,1
Descarga elétrica que sai das nuvens	01	7,1
Descarga elétrica que vem do céu	01	7,1
Descarga elétrica	01	7,1
Carga que vem do céu	01	7,1
Forte onda que vem do chão	01	7,1
Onda que se propaga no ar	01	7,1
Liberação de energia	01	7,1
Não entendo	01	7,1
Não respondeu	02	14,3
Total	14	100

Em termos percentuais as respostas pertinentes praticamente atingiram os mesmos níveis (TPT = 82,3% e TPE = 71,4%) e fica evidente o ganho na qualidade das respostas no TPE. Os alunos agregaram termos e significados mais consistentes, permitindo-os formular respostas mais completas e complexas. O entendimento do que seja um raio passou ‘do que é’ (53% das respostas do TPT) e eventualmente ‘de onde vem’ (5,9% das respostas do TPT), para ‘o que é, de onde vem (43% das respostas do TPE) e para onde vai’ (14,2% das respostas do TPE). Houve, por exemplo, maior referência ao local de origem (proveniência) dos raios: cinco referências no TPE (“pulam entre nuvens”, “sai das nuvens”, “vem do céu” (duas respostas), “vem do chão”) e apenas uma no TPT (“tanto do céu quanto da terra”). Relações indiretas com outros “tipos” de raios também surgiram (raio x e raio ultravioleta) e nenhuma referência a um raio que não fosse um fenômeno físico (noção matemática de círculo no TPT).

Tabela 6.2 – Respostas da questão 2: O que você entende que seja uma faísca?

Respostas do TPT	Frequência	%
Início/começo do fogo	07	41,1
Fogo fino	01	5,9
Pequenas chamas	01	5,9
Foguinhos	01	5,9
Fagulhas inflamáveis	01	5,9
Sai de um local muito quente (serra)	01	5,9
Início de algo	01	5,9
Não respondeu	04	23,5
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Início de algo/alguma coisa	02	14,3
Descarga elétrica que está na pedra e, ao contato com outra, sai uma faísca	01	7,1
Faísca é vinda de objetos de metal que se chocam muito forte	01	7,1
Eletricidade em atrito com um objeto	01	7,1
Algum atrito que causa entre um objeto e outro	01	7,1
Física é uma matéria que estuda sobre raios, elétrons, v , v_0 , t , ΔS	01	7,1
Minifogo	01	7,1
Não entendo	01	7,1
Não respondeu	05	35,7
Total	14	100

Após terem realizado experiências nas quais, por duas ocasiões, produziram faíscas, dois alunos as associaram com eletricidade. Esta referência, fundamental para a concepção conceitual, estava ausente no TPT. No TPT, 70,6% dos alunos deram respostas relacionadas ao fogo, relação que foi drasticamente atenuada no TPE (apenas 7,1%).

No TPE, nota-se a presença de termos qualificadores a respeito da causa da produção da faísca (o que era inexistente no TPT): “atrito”, “choque”, “contato”, permitindo aos alunos entendimentos mais coerentes sobre o fenômeno.

Tabela 6.3 – Respostas da questão 3.a: Que tipos de ondas provêm (saem) de um raio?

Respostas do TPT	Frequência	%
Eletromagnéticas	07	41,1
Eletromagnéticas e sonoras	02	11,8
Elétricas	02	11,8
Elétricas e sonoras	01	5,9
Ondas terrestres	01	5,9
Não respondeu	04	23,5
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Eletromagnéticas	06	42,8
Elétricas	01	7,1
Sonoras	01	7,1
Não sei	02	14,3
Não respondeu	04	28,6
Total	14	100

No TPT, o índice de respostas pertinentes foi de 70,6%, baixando para 57,1% no TPE. Tendo em vista que o percentual de alunos que não respondeu nas duas ocasiões foi praticamente o mesmo, parece haver uma dissipação da associação entre o fenômeno e os nomes dos tipos de ondas a ele associados.

Tabela 6.4 – Respostas da questão 3.b: Que tipos de ondas provêm (saem) de uma faísca?

Respostas do TPT	Frequência	%
Mecânicas	05	29,4
Ondas de calor	03	17,6
Mecânicas e eletromagnéticas	01	5,9
Eletromagnéticas	01	5,9
Elétricas	01	5,9
Magnéticas	01	5,9
Queimam	01	5,9
Raio	01	5,9
Não respondeu	03	17,6
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Eletromagnéticas	02	14,3

Mecânicas	02	14,3
Eletrostáticas	01	7,1
Não sei	01	7,1
Não respondeu	08	57,1
Total	14	100

No TPT, o índice de respostas pertinentes foi de 70,6%, enquanto que no TPE foi de apenas 35,7%. A análise da questão no TPE é bastante prejudicada pelo elevado índice de alunos que não responderam (57,1%). A resposta de maior frequência no TPT (29,4%) está associada ao ruído (onda mecânica – som) que a faísca pode produzir. No entanto, não é a principal relação esperada, surgindo em apenas 14,3% das respostas do TPE.

Tabela 6.5 – Respostas da questão 4: Você acha que estas ondas que você citou poderiam causar interferência em algum aparelho? Qual delas?

Respostas do TPT	Frequência	%
Eletromagnéticas	07	41,2
Citou exemplos de aparelhos (celular, televisão, etc)	04	23,5
Magnéticas	01	5,9
Nenhuma	01	5,9
Não respondeu	04	23,5
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Citou exemplos de aparelhos (celular, televisão, etc)	05	35,7
Eletromagnéticas	02	14,3
Sim, quando ondas diferentes atuam juntas ao mesmo tempo (*)	01	7,1
Sim, tanto uma como a outra (*)	01	7,1
Não respondeu	05	35,7
Total	14	100

(*) Como não foi explicitada a onda, foi verificado nas respostas da questão anterior e feita a pertinência para esta questão.

No TPT 47,1% das respostas foram pertinentes contra apenas 28,5% no TPE. Há uma dificuldade em relacionar a nomenclatura dos tipos de ondas com aquelas que foram demonstradas. A retenção dos nomes diminui com o passar do tempo. Em consequência, os alunos já não fazem a correspondência necessária.

Percebe-se nitidamente uma incompreensão do que é solicitado na questão, pois muitos alunos (23,5% no TPT e 35,7% no TPE) citaram exemplos de aparelhos para responder a questão.

Tabela 6.6 – Respostas da questão 5: O que você entende por transmissão “wireless” (sem fio)?

Respostas do TPT	Frequência	%
Sistema de transmissão por ondas	05	29,4
Não depende de fio para funcionar	03	17,6
Enviada pelo satélite para torre e para a antena	02	11,8
Enviada da torre de comando para o satélite e para a antena	02	11,8
Usa antena para transmitir ao invés de fio	01	5,9
Vem de um sinal eletromagnético	01	5,9
Sem fio e transmitida por satélite	01	5,9
Funciona com pilhas	01	5,9
Não respondeu	01	5,9
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Transmissão moderna que está cada vez evoluindo mais	01	7,1
Pode ser transmitido de qualquer lugar desde que tenha uma antena de transmissão	01	7,1
Meio de transmissão de comunicação como o celular	01	7,1
Transmissão de um satélite para um receptor	01	7,1
Instalado por satélite	01	7,1
Ondas são transmitidas do dispositivo wireless até o aparelho não precisando utilizar fios	01	7,1
Que ocorre algum tipo de ligação através de ondas	01	7,1
Transmissão por ondas que estão no ar	01	7,1
Ondas que transmitem informações	01	7,1
Funciona através de ondas	01	7,1
Não respondeu	04	28,6
Total	14	100

Embora expressem livremente seus entendimentos sobre o tema, o principal ponto para compreensão da questão é a referência à transmissão através de ondas, pois já constava na própria pergunta a alusão de ser sem fio. Assim, tanto no TPT quanto no TPE o percentual de respostas coerentes

com este princípio é praticamente o mesmo (em torno de 35%). Percebe-se que as respostas do TPE são um pouco mais explicativas apontando, por exemplo, o meio de propagação das ondas, que elas transportam informações e que a “ligação” ocorre através de ondas. Novamente, um elevado índice de alunos não respondeu (28,6% no TPE contra apenas 5,9% no TPT).

Tabela 6.7 – Respostas da questão 6: Se você acha que esta transmissão ocorre através de onda(s), qual a classificação dela(s)?

Respostas do TPT	Frequência	%
Eletromagnéticas	10	58,8
Sonoras	02	11,8
Rádio	01	5,9
Letétricas	01	5,9
Unidimensionais, bidimensionais, tridimensionais, longitudinais, transversais	01	5,9
Não respondeu	02	11,8
Total	17	100
Respostas do TPE	Frequência	%
Eletromagnéticas	06	42,8
Eletromagnéticas e mecânicas	01	7,1
Sonoras	01	7,1
Não respondeu	06	42,8
Total	14	100

O percentual de respostas pertinentes no TPT atingiu 58,8% e no TPE 42,8%. O desempenho no TPE foi prejudicado pelo elevado índice (42,8%) de alunos que não responderam a questão.

Tabela 6.8 – Respostas das questões 7.a, 7.b e 7.c para o teste pós-teoria (TPT).

7.a- Como você acha que as informações transmitidas são captadas (recebidas) pelo celular?		
Respostas do TPT	Frequência	%
Antena	12	70,6
Outro	02	11,8
Bateria	00	0,0

Não respondeu	03	17,6
Total	17	100
7.b- Como você acha que as informações transmitidas são captadas (recebidas) pela televisão?		
Respostas do TPT	Frequência	%
Antena	12	70,6
Tomada	02	11,8
Outro	00	0,0
Não respondeu	03	17,6
Total	17	100
7.c- Como você acha que as informações transmitidas são captadas (recebidas) pelo rádio?		
Respostas do TPT	Frequência	%
Antena	12	70,6
Pilhas	01	5,9
Outro (satélite)	01	5,9
Não respondeu	03	17,6
Total	17	100

Os índices de respostas adequadas foram superiores a 70%, indicando um entendimento muito bom para as questões propostas. Os alunos claramente identificaram o componente responsável pela captação em diferentes aparelhos. Optamos por não propor nenhuma questão objetiva no TPE e, então, esta questão não foi rerepresentada no TPE.

Tabela 6.9 – Respostas das questões 8.a, 8.b e 8.c para o teste pós-teoria (TPT).

8.a- Classifique o(s) tipo(s) de onda(s) que o celular emite.		
Respostas do TPT	Frequência	%
Eletromagnéticas	11	64,7
Sonoras	02	11,8
Transversais	01	5,9
Não respondeu	03	17,6
Total	17	100
8.b- Classifique o(s) tipo(s) de onda(s) que a televisão emite.		
Respostas do TPT	Frequência	%
Eletromagnéticas	12	70,6
Magnéticas	01	5,9
Tridimensionais	01	5,9

Não respondeu	03	17,6
Total	17	100
8.c- Classifique o(s) tipo(s) de onda(s) que o rádio emite.		
Respostas do TPT	Frequência	%
Eletromagnéticas	12	70,6
Sonoras	02	11,8
Não respondeu	03	17,6
Total	17	100

O ótimo nível de respostas adequadas atingido nas questões 8.a, 8.b e 8.c do TPT (acima de 80%) levou-nos a fazer uma pequena reformulação, apresentando no TPE uma questão (7.a e 7.b) que, além de ter o acréscimo de um aparelho diferente, estabelecia um paralelo entre o(s) tipo(s) de onda(s) recebida e emitida por aparelho.

Tabela 6.10 – Respostas das questões 7.a e 7.b do teste pós-experimento (TPE).

7.a- Cite o(s) tipo(s) de onda(s) que cada aparelho recebe.			
Aparelho	Respostas	Frequência	%
Televisão	Eletromagnéticas	06	42,8
	Não respondeu	08	57,1
	Total	14	100
Rádio	Eletromagnéticas	06	42,8
	Não respondeu	08	57,1
	Total	14	100
Celular	Eletromagnéticas	05	35,7
	Mecânica	01	7,1
	Sonoras	01	7,1
	Não respondeu	07	50,0
	Total	14	100
7.b- Cite o(s) tipo(s) de onda(s) que cada aparelho emite.			
Aparelho	Respostas	Frequência	%
Televisão	Mecânicas	03	21,4
	Sonoras	02	14,3
	Eletromagnéticas	01	7,1
	Não sei	01	7,1
	Não respondeu	07	50,0
	Total	14	100
Rádio	Mecânicas	03	21,4
	Sonoras	02	14,3
	Eletromagnéticas	01	7,1
	Não sei	01	7,1

	Não respondeu	07	50,0
	Total	14	100
Celular	Sonoras	02	14,3
	Eletromagnéticas	01	7,1
	Não sei	01	7,1
	Não respondeu	10	71,4
	Total	14	100
Micro-ondas	Mecânicas	04	28,6
	Micro-ondas	01	7,1
	Não sei	01	7,1
	Não respondeu	08	57,1
	Total	14	100

Os elevados índices de alunos que não responderam estas duas questões (em média, mais da metade em cada item), praticamente inviabilizam uma boa análise pela pouca proporção de respostas válidas. Cabe registrar que estes índices não se devem ao fato de não saberem a resposta (opinião manifestada por poucos alunos), mas porque, simplesmente, não queriam responder. Apesar da motivação para que participassem e até da insistência para que respondessem, tal intento resultou infrutífero.

Na questão 7.a 42,8% das respostas foram corretas sobre os itens televisão e rádio, atingindo 35,7% para o item aparelho celular. Mais da metade dos alunos não responderam as questões. Os resultados obtidos são razoáveis.

Na questão 7.b, 42,8% das respostas foram corretas sobre os itens televisão e rádio, atingindo 21,4% para o item aparelho celular. Todos estes índices estão abaixo dos que foram obtidos no TPT. No caso do aparelho de micro-ondas (que não constava no questionário do TPT) não houve respostas corretas.

Se excluirmos as respostas em branco (não respondidas) a comparação entre os testes fica caracterizada conforme a tabela 6.11. No entanto cabe salientar que, apesar de tornar mais justa a comparação, em alguns casos os resultados são ilusórios, pois se o percentual de alunos que responderam for muito baixo e todos tiverem respostas pertinentes, o percentual de respostas pertinentes da questão atingirá o valor integral (100%).

Tabela 6.11 – Comparativo entre o TPT e o TPE: Percentual de respostas pertinentes (excluídas as respostas em branco).

Percentual de Respostas Pertinentes (excluídas as respostas em branco)		
Questão	TPT	TPE
1	93,3%	83,3%
2(*)	- 70,6%	- 7,1%
3.a	92,3%	80,0%
3.b	85,7%	83,3%
4	61,5%	44,4%
5	37,5%	50,0%
6	66,7%	75,0%
7.a	85,7%	--
7.b	85,7%	--
7.c	85,7%	--
8.a	100%	7.b 75,0%
8.b	92,8%	7.b 85,7%
8.c	14,3%	7.b 71,4%
7.a	--	100%
7.a	--	100%
7.a	--	71,4%

(*) Optamos por considerar, nesta questão, o percentual de respostas indesejadas com o sinal negativo.

Percebe-se que das dez questões em comum nos dois testes, o desempenho no TPE foi superior em quatro questões. Em outras quatro o nível manteve-se praticamente o mesmo (dentro de uma margem de cerca de 10% de diferença).

6.1.2 Resultados do PE I – 5ª fase: Construção de Aparato para Demonstrar o Efeito Branly.

No dia da realização do experimento não pudemos usar o laboratório e tivemos que improvisar as mesas de trabalho juntando as classes da sala de aula que, por serem inclinadas, atrapalharam um pouco a montagem dos circuitos. O ambiente pequeno da sala, com cadeiras estorvando a estreita circulação, dificultou a dinâmica das atividades. Evidenciamos, assim, que o espaço físico e o mobiliário mais adequado propiciam uma melhor operacionalização dos experimentos. Os alunos se organizaram em quatro grupos.

O fato de já terem montado um circuito elétrico simples anteriormente (PE I – 3ª fase), forneceu-lhes uma competência inicial que permitiu-lhes montar, sem problemas, o circuito elétrico básico. Porém, para superar o desafio de usar o dispositivo interruptor para fechar um circuito elétrico que acendia um LED, os alunos tiveram muita dificuldade. Todos os grupos acharam soluções em que o interruptor de limalha não era usado na função de interruptor. Na prática, eles encostavam um fio no parafuso do dispositivo interruptor e fechavam o circuito encostando o outro fio no mesmo parafuso. Assim, estavam apenas usando o parafuso como condutor e o restante do dispositivo não tinha função nenhuma. Chamou a atenção que três grupos tentaram resolver o problema substituindo uma das pilhas do porta-pilhas pelo dispositivo; não se deram conta que ele não era uma fonte de energia.

Os alunos foram alertados para o fato de estarem recorrendo muito ao método de “tentativa e erro”, sem pensarem numa solução. Então começaram a trocar opiniões e achar alternativas, refletindo antes de tentar. Despontaram melhores ideias, embora não ainda uma solução para o problema. Não percebiam que o dispositivo devia ser usado como uma “ponte” entre os dois fios do circuito. Foi somente quando sugeriu-se que pensassem no dispositivo como um “componente de ligação” que dois grupos conseguiram resolver o problema. Ficaram realmente eufóricos e entusiasmados com a solução encontrada, pois haviam despendido grande esforço na sua busca. Encararam o desafio como uma espécie de competição, embora não tenha sido esta a intenção ou o modo como a atividade foi conduzida, o que resultou numa atividade bastante estimulante para eles.

Apenas dois grupos apresentaram o relatório solicitado, ainda que todos tenham realizado a atividade de verificar o efeito Branly com sucesso.

Relatório do Grupo 1:

Alunos: A-01, A-08, A-09, A-16 e A-23.

“Nos primeiros instantes tivemos dificuldades em fazer com que o circuito elétrico funcionasse como um dispositivo interruptor sem que não pudéssemos juntar as quatro partes dos fios, mas o mais complicado foi

perceber que só poderíamos juntar dois fios, e os outros dois devíamos fazer com que o circuito elétrico ocorresse completando com o dispositivo interruptor que era formado por: dois parafusos, um tubo pequeno de plástico e um pouco de limalha de ferro. Solucionamos o problema usando o dispositivo como um pedaço de fio que faltava, para poder ligar o LED”.

O desenho do esquema feito pelo grupo (Figura 6.1) mostra as conexões elétricas entre o coesor de Branly, a fonte de energia e o LED.

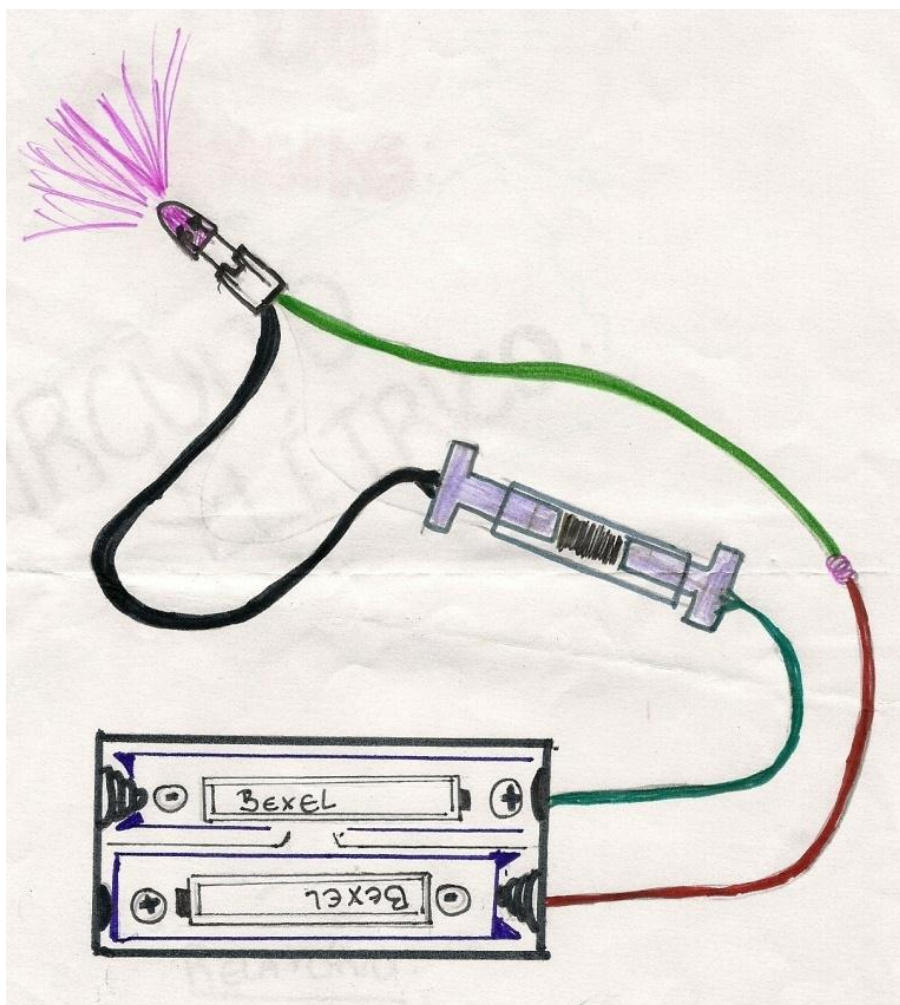


Figura 6.1 – Esquema do circuito montado pelo grupo 1.

Relatório do Grupo 2:

Alunos: A-10, A-19, A-14, A-15, A-17, A-21 e A-24.

“Tentamos usar o interruptor como pilha mas não funcionou, tiramos e colocamos a pilha e funcionou”.

Na figura 6.2 observa-se que houve uma indicação errada da polaridade das pilhas no porta-pilhas. Pode ter sido apenas um equívoco no momento de representá-los pois os alunos conseguiram, após várias tentativas, realizar corretamente os procedimentos para fazer o circuito funcionar.

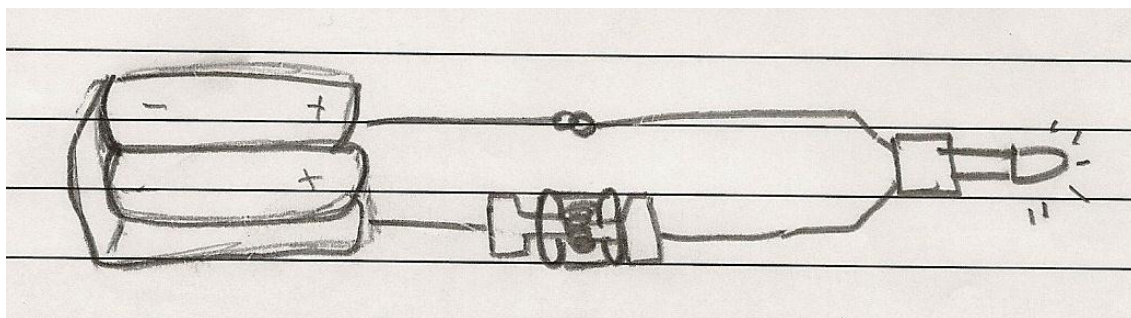


Figura 6.2 – Desenho do aparato montado pelo grupo 2.

Em seguida, os alunos foram estimulados a verificar o que aconteceria se acionassem o faiscador nas proximidades do circuito montado anteriormente. Previamente, orientei-os a afrouxarem levemente os parafusos do coesor, liberando as limalhas, a fim de interromper a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, desligar o LED. A constatação de que uma simples faísca, produzida à distância, provocava o acendimento do LED (efeito Branly), surpreendeu positivamente os alunos. Pedi que efetuassem leves pancadas no coesor para desligar novamente o LED e repetissem o procedimento. A identificação de que algo invisível havia mudado a configuração das limalhas do coesor era evidenciada pois, ao tocar levemente nele, o LED desligava. Ao acionar o faiscador o LED ligava novamente. Todos os grupos facilmente verificaram este fenômeno. Identificaram adequadamente a origem do efeito. Perceberam que alguma coisa invisível (as ondas eletromagnéticas) acionava o dispositivo (o coesor) permitindo a passagem da corrente elétrica.

A observação do efeito Branly foi bastante profícua, pois a maioria dos alunos não acreditava, a princípio, que poderia acontecer alguma coisa. Alguns alunos acharam que deveriam conectar o próprio faiscador nos fios

do circuito para que o LED pudesse acender. O contato físico direto entre os elementos do circuito é uma concepção muito arraigada, apesar de utilizarmos inúmeros aparatos que atuam ou funcionam à distância como, por exemplo, os controles remotos, rádios, televisores, aparelhos celulares, telefones sem fio, etc. Apesar de terem verificado, na fase anterior (PE I – 4ª Fase: Construção de um Transmissor Rudimentar de Sinais), que faíscas produziam interferências (percebidas pelos ruídos) na recepção do rádio, os alunos não estabeleceram relação com este evento, pelo menos não de imediato. Para eles os experimentos possuem certa independência. De modo geral, consideram que o que ocorreu antes não necessariamente irá se repetir ou ter algum tipo de relação em outra situação; raramente fazem as inferências para posteriores situações similares. Talvez esta relação necessite de um grau maior de maturidade por parte dos alunos. Neste sentido a demonstração foi desveladora e surpreendente para os alunos, impactando direta e positivamente na concepção prévia que possuíam.

Quadro 6.1 – Desenvolvimento de competências e conhecimentos relacionados durante a demonstração do efeito Branly (PE I – 5ª fase).

Competência	Conhecimentos	Grupos			
		1	2	3	4
Montar e fazer funcionar um circuito elétrico simples	Conexões elétricas, relacionar polos negativo e positivo com os terminais do LED (cátodo e ânodo).	A	A	A	A
Montar o dispositivo interruptor (coesor de Branly)	Ordem da montagem das peças, proporção de tamanho.	A	A	A	A
Fazer funcionar o circuito usando o coesor	Componentes de cada aparato e/ou do experimento, suas conexões e funções.	A	A	B	B
Transmitir sinais de um dispositivo para outro	Distância adequada entre os dispositivos e entre suas partes.	A	A	A	A
Compreender que o mecanismo transmissor, por meio de “algo invisível” (ondas eletromagnéticas), faz acionar o coesor fechando o circuito.		B	B	B	B

Legenda:

A – completaram sem orientação do professor

B – completaram com orientação do professor

C – não completaram mesmo com orientação

6.2 Resultados do Processo Experimental II: Experimento de Ciências de Livre Escolha.

Este processo foi realizado em duas fases. Na primeira fase (orientação e acompanhamento), apenas os alunos do grupo 5 (A-16 e A-25) e o aluno A-23, trouxeram seus projetos para uma avaliação do andamento. O grupo 5 precisava de uma pequena lâmpada para o experimento e aluno A-23 precisava de uma garrafa de gargalo afunilado com um diâmetro específico e não tinham conseguido achar. Foram então providenciados estes materiais para que pudessem realizar seus experimentos. Porém, o aluno A-23 acabou apresentando apenas o experimento sem o relatório.

6.2.1 Resultados do PE II – 2ª fase: Demonstração.

Deste processo realizaram-se as análises da segunda fase (demonstração).

Esperava-se que o contato com diferentes materiais e experimentos nas fases anteriores tivesse alguma influência na procura dos alunos por experimentos e materiais mais elaborados, mesmo tendo como fonte de inspiração, experimentos prontos retirados de livros e sites. Em certa medida, isso se refletiu com boa intensidade em algumas apresentações de grupos e alunos que buscaram realizar experimentos com mais seriedade e dedicação e não se limitaram a reproduzir, tentando, inclusive, o mais difícil: criar.

No entanto, a maioria dos grupos que apresentaram (três) ainda buscou experimentos menos trabalhosos e rápida realização. Não que a simplicidade do aparato ou de sua execução represente um fenômeno ou investigação de análise superficial. Afinal isto seria confundir o material com o qual se faz o experimento com o seu efeito ou conteúdo. Um experimento, mesmo feito com sucata, pode ter uma análise ou interpretação bastante

complexa. Pelo nosso enfoque, qualquer experimento pode, desde que bem explorado nos seus detalhes, gerar uma variedade e riqueza de aprendizagens e competências.

Um aspecto negativo ocorrido em duas apresentações foi a tentativa de uso de substâncias perigosas e tóxicas. Previamente eles haviam sido alertados da proibição do uso de tais substâncias e até mesmo de fogo. Não permiti que realizassem as etapas que envolvessem algum tipo de risco.

Alguns aspectos positivos, que denotam formação de competências, percebidos durante as atividades:

- os alunos testaram previamente em casa seus experimentos para ver se realmente iria funcionar;
- providenciaram os materiais necessários e montaram os apetrechos para as demonstrações;
- fizeram diversas adaptações do roteiro original de cada experimento durante as demonstrações;
- estabeleceram noções práticas sobre a forma, o tamanho, a quantidade e a distância das diversas partes que constituíam os experimentos;
- manipularam adequadamente os materiais;
- prepararam corretamente as substâncias;
- realizaram os experimentos na frente dos colegas e do professor, explicando e discutindo os detalhes e os porquês.

Apenas treze alunos se animaram a apresentar os experimentos sendo que uma aluna e um grupo quiseram demonstrar mais de um. Os que não participaram alegaram ter vergonha dos colegas ou não ter nenhum interesse.

A análise será restrita aos trabalhos de alunos ou grupos que fizeram as demonstrações.

Relatório do Aluno A-01:

- Experimento 1 (Figuras 6.3, 6.4 e 6.5): Por que as pilhas dentro do copo não grudam com o ímã posto por fora do mesmo?



Figura 6.3 – Capa do relatório do experimento 1 do aluno A-01

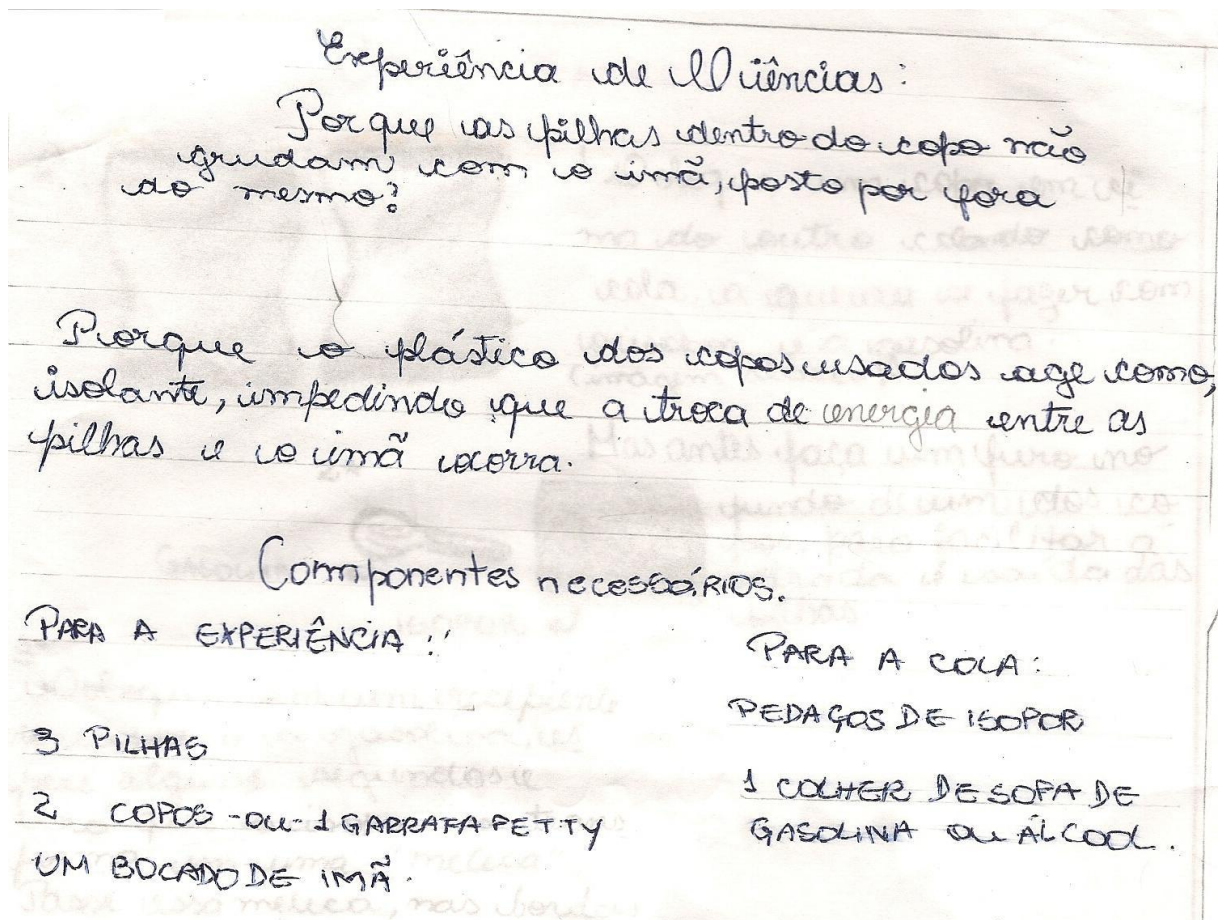



Figura 6.4 – Página 1 do relatório do experimento 1 do aluno A-01.


A demonstração baseada na atração magnética foi bem interessante e despertou inúmeras indagações entre os colegas: o material do copo é “isolante magnético”?; a espessura do copo influencia?; “a potência” do imã tem a ver? Enumeraram algumas variáveis da situação de maneira bastante apropriada. A pesquisa que o aluno realizou, no entanto, forneceu subsídios errados e atrapalhou seu entendimento sobre o tema.

Dificuldades e soluções: Não relatou.

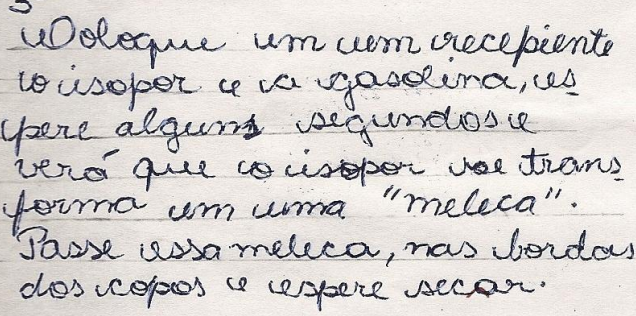
COMO FAZER:

1* 

1 Coloque um copo em cima do outro colando como cola, a que usa se fazer com isopor e a gasolina. (imagem abaixo)

2* 

Mas antes faça um furo no fundo de um dos copos, para facilitar a entrada e saída das pilhas.

3* 

3 Coloque um um recipiente com isopor e a gasolina, espere alguns segundos e verá que o isopor se transforma em uma "meleca".
Passe essa meleca, nas bordas dos copos e espere secar.

Obs:

No final da experiência observe que a plástico age com uma grande interferência; investindo como isolador, impedindo que a imã e as pilhas se quedem.

Figura 6.5 – Página 2 do relatório do experimento 1 do aluno A-01.

- Experimento 2 (Figuras 6.6 e 6.7) : Coluna de Espumas.

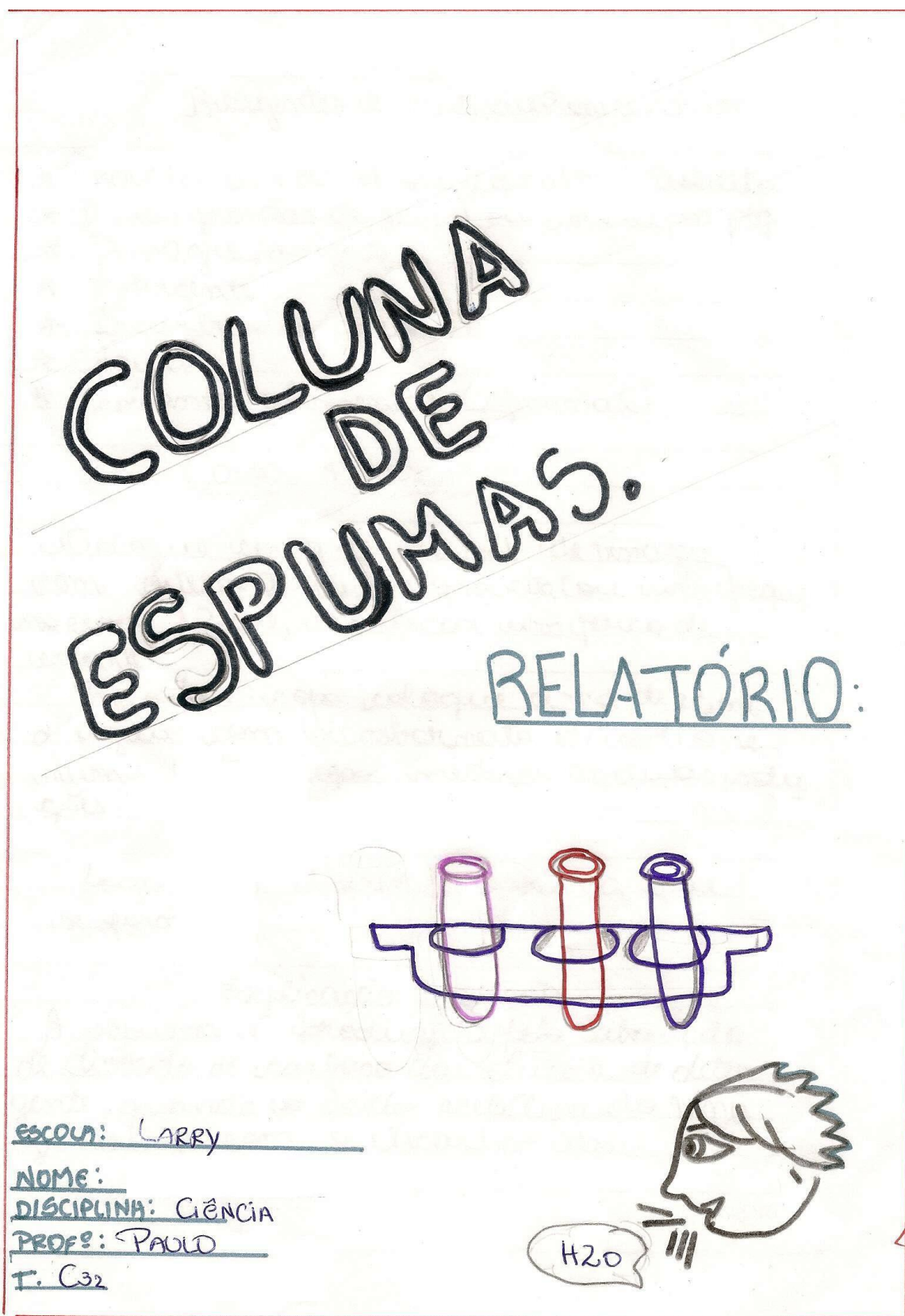


Figura 6.6 – Capa do relatório do experimento 2 do aluno A-01.

Reagentes e material necessário:

- * Proveta de 250 ml ou copo alto e estreito
- * Duas provetas de 25 ml ou dois copos peg.
- * Vinagre, ao gosto.
- * Detergente
- * Bicarbonato de sódio
- * Água
- * Corante alimentar (opcional).

COMO PREPARAR.

Coloque cerca de 25 ml de vinagre com detergente numa proveta (ou num copo pequeno). Pode, se quiser, colocar um pouco de corante.

Em outro copo coloque cerca de 25 ml de água com bicarbonato de sódio, e numa outro copo misture as duas soluções.

Logo após observe a espuma que se forma.

Explicação (resolução):

A espuma é produzida pela liberação de dióxido de carbono da solução de detergente, quando o ácido acético do vinagre reage com o bicarbonato.

Figura 6.7 – Página 1 do relatório do experimento 2 do aluno A-01.

A apresentação foi bem sucedida, o aluno demonstrou mais segurança e um relatório bem sucinto. No entanto, a explicação apresentada, além de confusa, continha informações erradas.

Dificuldades e soluções: Não relatou.

Relatório do Grupo 3: Alunos A-08, A-09.

- Experimento 1 (Figura 6.8): Reação química: liberação de gás carbônico.

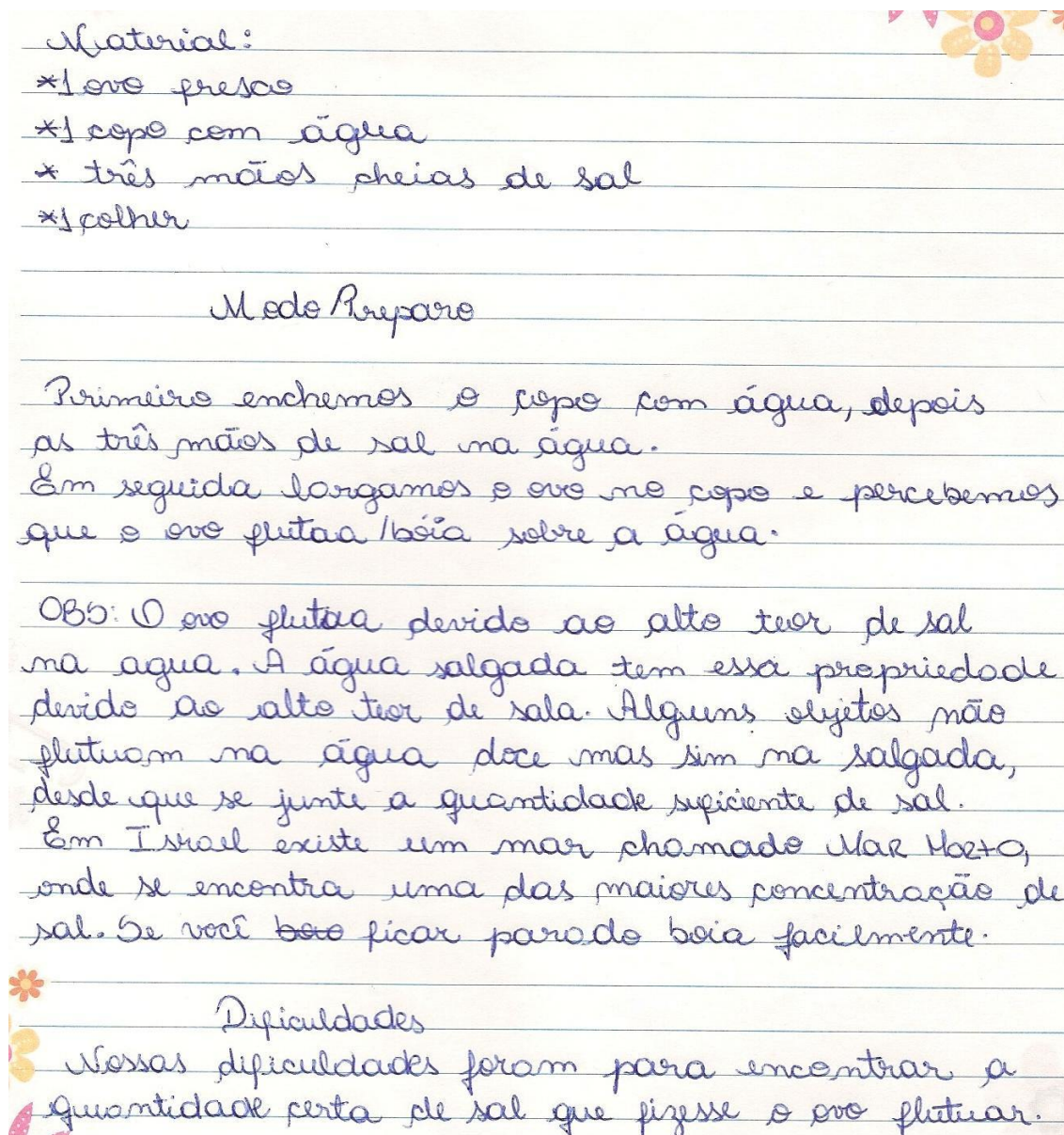
<u>Relatório</u>	/	/
<u>Componentes necessários para a experiência:</u>		
1 vidro de xarope (vazio)		
2 colheres (sobremesa) de bicarbonato de sódio.		
1 balão		
10ml de vinagre		
<u>Modo de Preparo</u>		
Coloque dentro do vidro aproximadamente 10ml de vinagre e depois adicione 2 colheres de bicarbonato de sódio e rapidamente coloque o balão na ponta do vidro de xarope e o balão irá encher.		
* <u>Explicação:</u> Quando se mistura o bicarbonato de sódio com o vinagre, um dos produtos de reação é um gás muito conhecido, chamado dióxido de carbono, CO_2 . É por isso que se observou efervescência. O gás ficou retido no balão, é por isso que o balão enche.		
<u>Dificuldades</u>		
Tivemos dificuldades para descobrir o modo de explicar a reação do bicarbonato e o vinagre causavam, que fazia o balão encher.		

Figura 6.8 – Relatório do experimento 1 do grupo 3.

Experimento semelhante ao apresentado pelo aluno anterior, com a variação de que o gás liberado que antes escapava, agora fica retido e é suficiente para encher um pequeno balão. Os colegas ficaram bem surpresos com esta capacidade e não imaginavam que duas substâncias bem comuns poderiam causar aquele efeito.

Dificuldades e soluções: Encontrar a explicação para a reação entre o bicarbonato de sódio e o vinagre, da qual era liberado o gás que ficou retido no balão, enchendo-o.

- Experimento 2 (Figura 6.9): Flutuação do Ovo na Água Salgada.



Material:

- *1 ovo fresco
- *1 copo com água
- * três colheres cheias de sal
- *1 colher

Modo Preparo

Primeiro enchemos o copo com água, depois as três colheres de sal na água. Em seguida largamos o ovo no copo e percebemos que o ovo flutava/beia sobre a água.

Obs: O ovo flutava devido ao alto teor de sal na água. A água salgada tem essa propriedade devido ao alto teor de sal. Alguns objetos não flutuam na água doce mas sim na salgada, desde que se junte a quantidade suficiente de sal. Em Israel existe um mar chamado Mar Morto, onde se encontra uma das maiores concentrações de sal. Se você ~~for~~ ficar parado beia facilmente.

Dificuldades

Nessas dificuldades foram para encontrar a quantidade certa de sal que fizesse o ovo flutuar.

Figura 6.9 – Relatório do experimento 2 do grupo 3.

Um experimento de fácil realização e cuja execução trouxe bons elementos para discussão. Embora a explicação apresentada não se referisse à mudança da densidade do meio (e conseqüente alteração do empuxo exercido) pelo acréscimo de sal, os alunos perceberam que a “capacidade de fazer flutuar” da água era modificada. A quantidade de sal a ser acrescentada foi uma variável plenamente identificada.

Dificuldades e soluções: Encontrar a quantidade certa de sal para que o ovo flutuasse. Embora constasse no experimento uma quantidade específica (“três mãos” de sal), na prática ela pode sofrer muita variação e não produzir o “efeito esperado”. Ao realizar o experimento os alunos certamente tiveram que ajustar esta quantidade.

Relatório do Grupo 4: Alunos A-14, A-15, A-24.

Experimento (Figura 6.10): Absorção do Calor por algumas Substâncias.

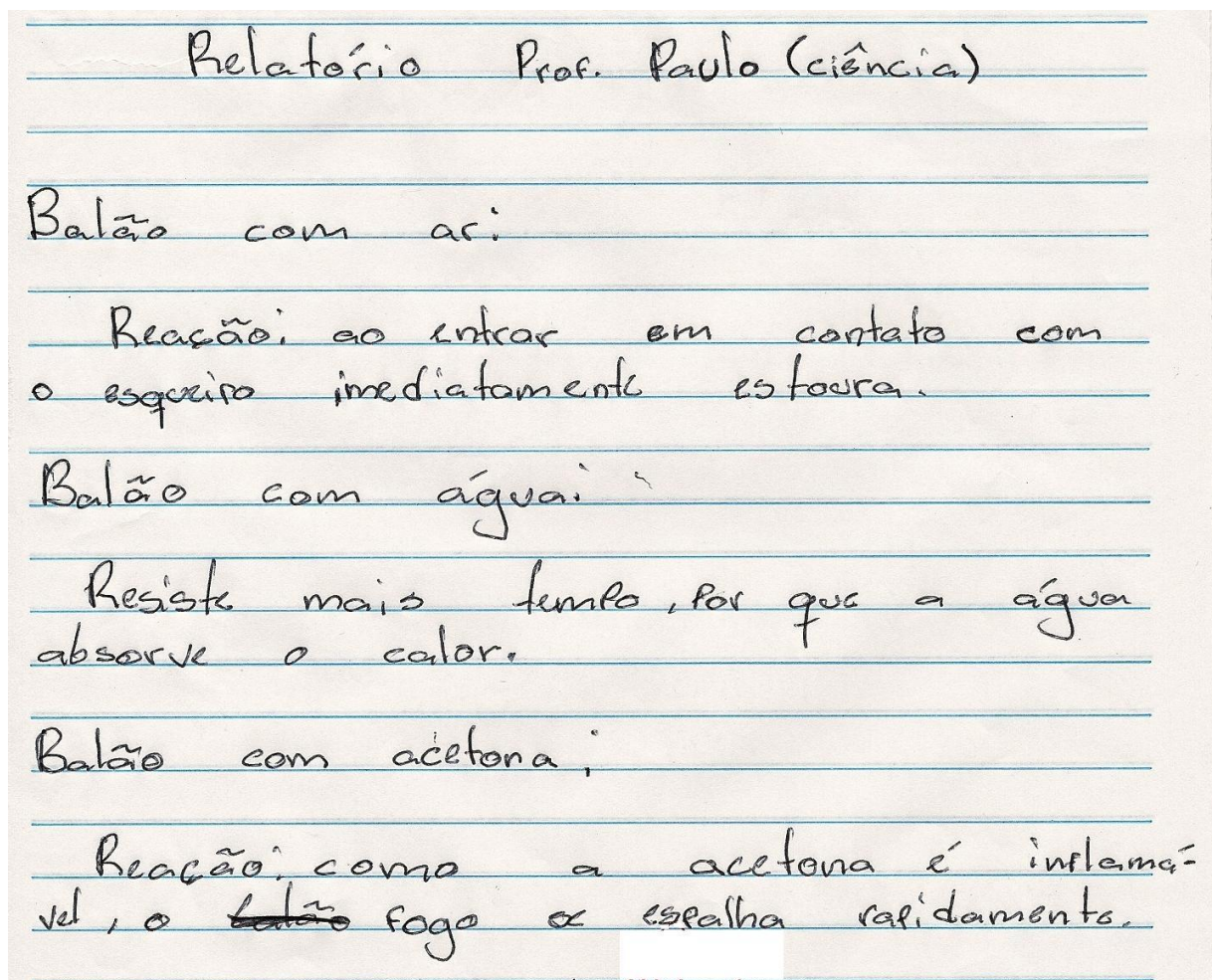


Figura 6.10 – Relatório do experimento do grupo 4.

Este grupo efetivou o experimento em sala de aula conforme o relatório apresentado, com exceção do uso da acetona. Os alunos buscaram ir além da experiência tradicional, acrescentando uma substância inflamável. Manipularam adequadamente os materiais, explicando corretamente o que acontecia.

Dificuldades e soluções: Não relataram.

Relatório do Grupo 5: Alunos A-16, A-25.

- Experimento 1 (Figura 6.11 e 6.12): Atração Eletrostática

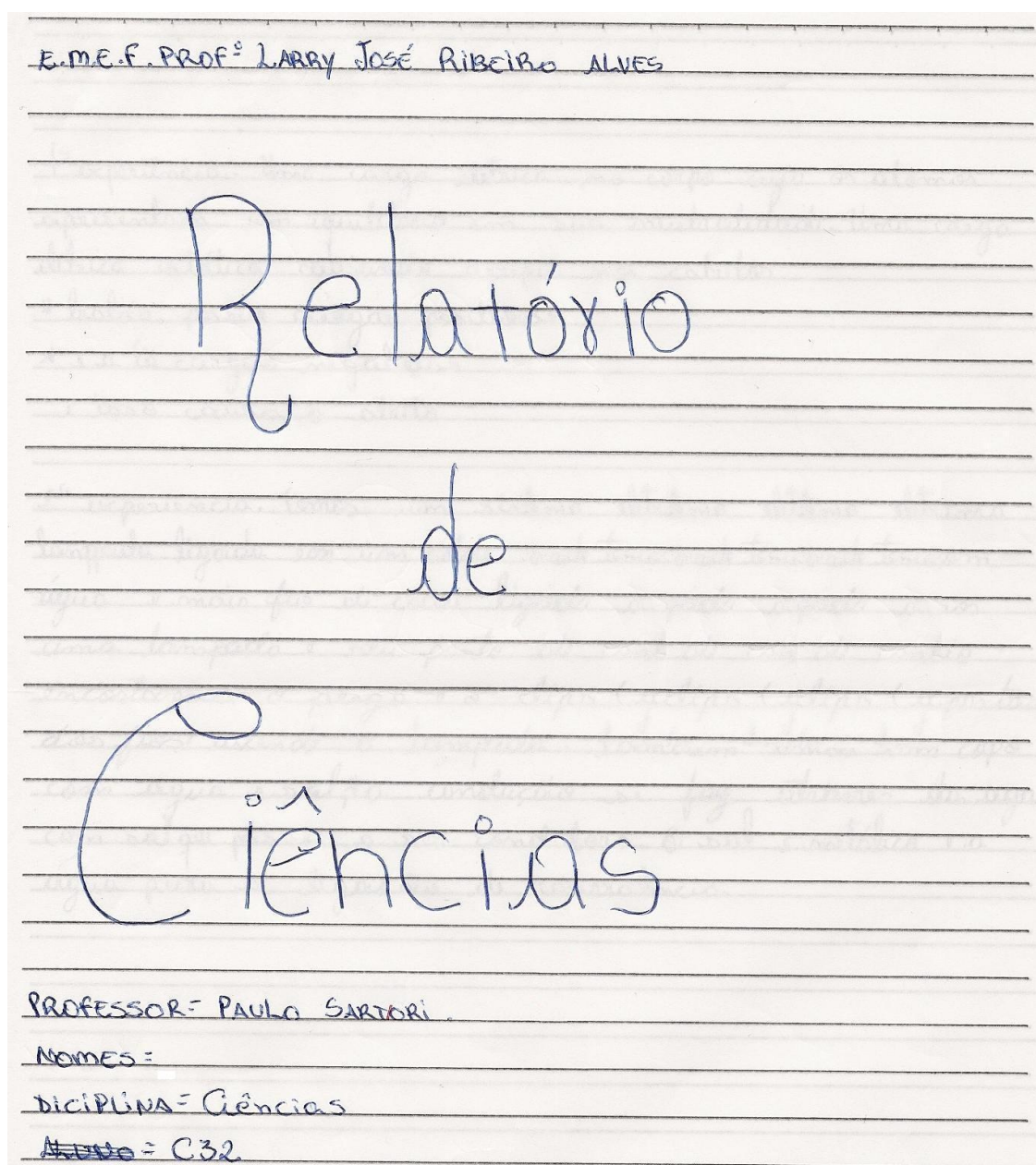


Figura 6.11 – Capa do relatório dos experimentos 1 e 2 do grupo 5.

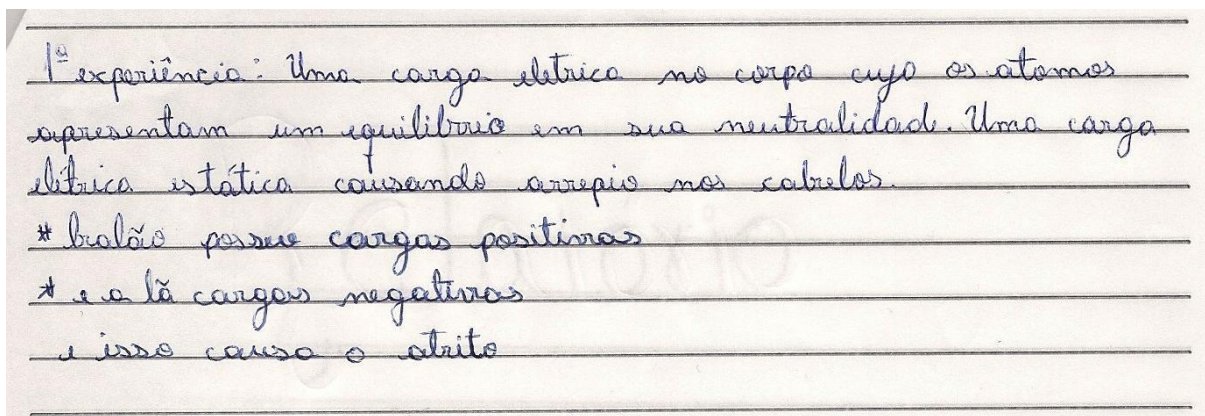


Figura 6.12 – Excerto da página 1 mostrando o relatório do experimento 1 do grupo 5.

Comentários: A realização do experimento foi difícil, em virtude de necessitar de um ambiente seco – fato que eles desconheciam. As explicações estavam confusas e alguns detalhes errados. Mas o efeito do experimento, executado de maneira correta, com materiais muito simples e acessíveis, despertou muito interesse dos colegas que ficaram impressionados não só pelo efeito visual resultante, mas também pela simplicidade com que o fenômeno foi originado.

Dificuldades e soluções: Não relataram. Na apresentação, tiveram dificuldade em saber o modo de esfregar a lã no balão (com que velocidade e força, por quanto tempo). Este detalhe ilustra muito bem o fato de que, apesar das instruções de como proceder estarem disponíveis e detalhadas, é só na hora de realizar que surgem variáveis que não foram previstas e não se sabe que grau de influência têm. Também disseram que, quando testaram, o efeito foi maior (fato possivelmente relacionado à umidade do ar).

- Experimento 2 (Anexo A): Condutibilidade Elétrica em Meio Aquoso.

Não apresentaram, apenas entregaram o relatório. Alegaram não terem achado um dos materiais necessários.

Os seguintes grupos apenas entregaram o relatório e não fizeram a demonstração do experimento. Os seus relatórios constam no anexo A.

Grupo 1: Alunos A-04, A-05.

Experimento: Vulcão.

Grupo 2: Alunos A-07, A-19, A-20.

Experimento: Força e Movimentos Físicos.

6.3 Resultados do Processo Experimental III: Fenômenos Luminescentes.

Este processo foi realizado em três fases. Analisamos os resultados de todas as fases.

6.3.1 Resultados do PE III – 1ª fase: Luminescência da Clorofila.

Os relatórios completos dos experimentos estão no anexo B. Destacamos a seguir as hipóteses levantadas pelos dez alunos que trabalharam em quatro grupos, tentando explicar o fenômeno que haviam presenciado.

Quadro 6.2 – Relação de hipóteses a respeito do fenômeno da luminescência da clorofila.

Aluno	Hipótese
A-03	Eu não sei o que aconteceu mais acho que as duas se misturaram e ficou rosa.
A-04	Com o Led aproximado do líquido ele ficou rosa. Ao apagar a luz a luz lilás se aproximou do líquido verde ficou rosa.
A-06	Não sei o que aconteceu, mais acho que a cor do líquido e a cor do Led meio que misturando, e deu a impressão do líquido estar vermelho.
A-08	Na minha opinião o líquido mudou de cor por causa do led, eu acho que a força da luz do Led mostrou alguma substância na clorofila (líquido verde) que não podemos ver a olho nu, e o Led nos ajuda a ver.
A-09	Eu acho que por causa do led o líquido mudou de cor, por causa que a força da luz do led mostrou alguma substância na clorofila (líquido verde) que não podemos ver a olho nu, e o Led nos ajuda a ver.
A-16	Depois que a luz foi apagada as cores foram se misturando e acabou ficando cor de rosa.
A-17	Na minha opinião o líquido mudou de cor por causa...

A-18	Bom hipótese que a clorofila misturado com os pigmentos deu uma cor diferente.
A-19	Com a mistura de cores, verde + roxo, e também por causa da clorofila verde com o contato da luz do Led que é roxa, logo = rosa!
A-24	Por causa da mistura das cores ao apagar as luzes o líquido mudou de cor.

Dos dez alunos que participaram da atividade, dois apresentaram a mesma resposta (embora estivessem trabalhando em grupo, cada aluno deveria produzir seu próprio relatório) e um não completou sua resposta.

As hipóteses denotam uma mescla entre as concepções prévias e a influência do experimento. Destacamos os seguintes aspectos:

1) A percepção de cores: embora se apresentem iguais aos alunos, não há um consenso quanto a identificação exata, pois cada aluno traz uma referência individual interpretando-as tanto com ‘nomes diferentes para a mesma cor’ (luz violeta do LED identificada como lilás ou roxo), como com ‘nomes de diferentes cores para determinada cor’ (o brilho vermelho identificado como rosa). Esta dificuldade natural pode ser considerada um erro? A indisponibilidade de uma cartela de cores padronizada para comparação aumenta o grau de incerteza. As nuances de cores, a relação com a luz ambiente, também interferem na definição exata da cor que se observa. Somente o processo experimental permite levantar estas relações e avaliar seus domínios e graduações.

2) A mistura de cores: sem conhecimento prévio de que misturar cores de luzes é diferente de misturar cores de pigmentos, os alunos aventaram majoritariamente com sendo a causa principal do fenômeno a mistura entre a cor da luz e a da clorofila. A cor da luz resultante desta interação corresponde a uma emissão luminosa devido à desexcitação de níveis energéticos da molécula de clorofila. Obviamente que este nível de explicação não é acessível aos alunos e nem era este o objetivo da proposta. Cabe chamar atenção para a pertinência da hipótese e sua plausibilidade no contexto em que foi sugerida.

3) A “força” da luz do LED: de acordo com um dos alunos, a mudança de cor teria ocorrido ‘por causa do LED’; a força de sua luz teria mostrado alguma

substância invisível na clorofila, e o LED ajudaria a vê-la, revelando-a. É uma hipótese muito interessante pois relaciona uma ‘propriedade da luz’ (apesar do termo força ser inapropriado) com algo não visível presente na clorofila. Em certa medida, tem correspondência com a explicação científica conhecida.

6.3.2 Resultados do PE III – 2ª fase: Fluorescência e Fosforescência.

Nesta atividade houve a participação de quinze alunos que trabalharam divididos em grupos.

Quadro 6.3 – Respostas da questão 1: Observar as demonstrações e verificar a diferença quando a luz UV está acesa e quando está apagada.

Aluno	Resposta
A-01	Ao ligar a luz UV todos os objetos brilhavam, porém ao desligar a luz, somente o brinquedo (cavalo marinho) continuou brilhando mesmo que por pouco tempo. Porém nas substâncias líquidas não ocorreu o mesmo.
A-02	Todos brilham quando a luz UV é ligada e quando ela é desligada eles apagam.
A-06	A diferença é que com a luz UV os objetos brilham, apenas um continuou brilhando por causa de sua composição.
A-08	Observamos que quando a luz estava ligada os objetos começaram a ter uma luminescência e quando apagadas as luzes os objetos apagaram.
A-09	Observamos que quando a luz UV está desligada os objetos não brilham, mas quando a luz está ligada os objetos brilham.
A-10	A diferença quando a luz UV liga é que o objeto (brilha) = luminescência.
A-11	Antes da luz ser ligada os objetos não estão florescentes. Quando as luzes [da sala] são apagadas eles começam a aparecer com outras cores florescentes.
A-16	Antes da luz ligada os materiais não brilhavam somente o cavalo-marinho, quando liga todos os materiais brilham.
A-17	A diferença quando a luz UV liga é que o objeto brilha. Ela [ele] fica luminescente.
A-19	Antes da luz UV ser ligada os materiais ficam com sua cor normal, após ligar a luz UV, os objetos ficam fluorescentes. Depois da luz apagada, os objetos voltam a sua cor anterior.
A-20	Quando a luz UV está ligada todos os objetos ficam brilhando,

	mas quando está desligada só um objeto continua brilhando.
A-22	Com a luz UV ligada todos os objetos brilham, quando a luz UV é desligada os objetos apagam e fica somente um brilhando.
A-23	Ligada, os objetos brilham. Desligada, os objetos apagam rápido, mas o cavalo-marinho vai apagando devagar.
A-24	Todos os materiais permanecem com a sua coloração atual e depois da luz ficam fosforescentes e depois que a luz UV é apagada todos voltam ao normal.

Interessa ressaltar na descrição dos alunos que muitos aspectos foram percebidos:

- velocidade do evento: “[o brilho dos] os objetos apagam rápido”, “vai apagando devagar”;
- tempo de duração: “continuou brilhando mesmo que por pouco tempo”;
- causa: composição do material que permaneceu brilhando;
- comparação entre estados físicos da matéria: “nas substâncias líquidas não ocorreu o mesmo”;
- diferenciação entre brilho (luminescência) e cor: “Antes da luz UV ser ligada os materiais ficam com sua cor normal, após ligar a luz UV, os objetos ficam fluorescentes.”; “Todos os materiais permanecem com a sua coloração atual e depois da luz ficam fosforescentes [...]”.

Um terço dos alunos percebeu a principal diferença (um só objeto permaneceu brilhando após a luz UV ser apagada) e 40% deles perceberam parcialmente essa diferença, verificando que o brilho cessa quando se interrompe o estímulo (a luz UV), mas não perceberam que um dos objetos permanecia brilhando por certo tempo.

Quando indagados oralmente, manifestavam que perceberam a diferença principal, mas no momento de registrar por escrito não a relataram.

Quadro 6.4 – Respostas da questão 2: Apontar as possíveis causas dos fenômenos.

Aluno	Resposta
A-01	A substância sulfeto de zinco que o diferenciava dos demais fez com que ele (cavalo-marinho) continuasse brilhando. Mas

	nas substâncias sólidas não ocorreu o mesmo, talvez porque eram sólidas, ou por variação de substâncias.
A-06	A luz quem muda a cor dos objetos.
A-08	As substâncias que continham os objetos como o sulfeto de zinco.
A-09	A substância que ele continha: sulfeto de zinco.
A-10	As potências da luz UV do néon [néon, neônio] da luz.
A-11	Os fenômenos brilhavam quando a luz era apagada.
A-16	O principal fator que causou o brilho foi a luz UV.
A-19	Uma das hipóteses é que seja a luz.
A-20	A luz faz os objetos acenderem.
A-22	As possíveis causas foram as substâncias e os materiais diferentes dos objetos.
A-23	A luz UV.
A-24	Por causa da luz que reflete os objetos e da reação molecular nos próprios objetos.

Durante a demonstração os alunos queriam saber qual substância havia no objeto que permanecia brilhando. Não faria diferença para a investigação se lhes fosse dito que o *nome* da substância era sulfeto de zinco ou sulfato de cobre ou “adamantium”. O simples ato de nominar muitas vezes tem um efeito “revelador” com uma espécie de poder explicativo associado. Sabemos que, apesar de não termos como descobrir ou como provar qual tipo de substância era, nominar não representa identificar. Contudo, a referência ao termo sulfeto de zinco surgiu em apenas 20% das respostas.

Um terço dos alunos não respondeu a esta questão. Fizeram referência a substâncias e materiais diferentes 26,7% dos alunos e 40% deles fizeram alusão à luz ou a alguma propriedade dela. No total, dois terços dos alunos aludiram causas pertinentes ao fenômeno.

Quadro 6.5 – Respostas da questão 3: Quais fatores do experimento podem ser variados?

Aluno	Resposta
A-01	Talvez se mudassem o cavalo-marinho de posição não daria o mesmo efeito.
A-02	Podia mudar a cor da lâmpada.
A-05	Potência da lâmpada UV A.

A-08	Talvez se mudássemos de posições os objetos, o cavalo-marinho principalmente. A luz forte concentrada nele poderia iluminar os outros objetos.
A-09	Talvez se mudar o cavalo-marinho de posição ele pode ajudar iluminar os outros objetos.
A-10 A-17	As potências da luzes UV.
A-11	O cartão de crédito, cavalo-marinho, o anel (só a cola) e o cordão [fio de cor laranja].
A-16	A luz UV.
A-19	A luz pode ser mais potente ou menos potente.
A-24	Os objetos que são iluminados.

As respostas relacionadas à luz correspondem a 40,0% sendo destacado sua cor (6,7%) e sua potência (26,7%). Relacionadas aos objetos, as respostas somam 33,3% sendo que a posição dos mesmos corresponde a 20,0% das respostas. Cerca de um quarto dos alunos não respondeu.

É interessante assinalar que a hipótese sobre a posição dos objetos, quando analisada pelo olhar de quem já conhece o fenômeno, é imediatamente descartada. No entanto, para quem observa o fenômeno pela primeira vez, representa uma hipótese perfeitamente plausível, já que não há garantia, a priori, de que a mudança de posição do objeto não afetará o fenômeno como um todo ou parte dele. Portanto, para o aluno – investigador iniciante – a posição do objeto é uma variável cujo comportamento, dentro do contexto e contingência do sistema considerado, ele não conhece e, a menos que faça um teste, não poderá descartá-la.

Quadro 6.6 – Respostas da questão 4: Você poderia usar esta propriedade da luz UV para investigar alguma coisa? O quê?

Aluno	Resposta
A-01	Sim, talvez para identificar uma nota de dinheiro, um cartão de crédito, sangue.
A-05	Sim, investigar crimes, etc.
A-06	Para investigar a cena de um crime.
A-08	Sim, pegadas, sangue, impressões digitais e outros.
A-09	Sim, pode iluminar dinheiro, cartão de crédito, etc.
A-10 A-17	Sim.
A-11	Sim, por exemplo, um homicídio. Por exemplo, a polícia está

	investigando e está com a luz ultravioleta e aí acha um cordão que brilha com a luz ultravioleta. Aí eles vão saber se o suspeito tem alguma roupa, por exemplo, com aquele tecido.
A-16	Sim, para investigar algum caso policial, para enfim encontrar o devido culpado.
A-19	Sim. Para em casos policiais e investigações, a luz UV pode ser usada.
A-20	Não sei.
A-22	Sim. Poderia usar para identificar alguém ou alguma coisa.
A-23	Linhas [de tecidos].
A-24	Sim. Como fios de roupa que são deixados em um local.

Percebe-se a clara influência dos seriados televisivos tipo CSI⁹ nos quais aparece, com frequência, o uso da luz ultravioleta. Esta associação está presente em 73,3% das respostas. Além das referências à investigação de vestígios, o uso para identificar (elementos presentes em) certos objetos de uso corriqueiro também foi lembrado.

6.3.3 Resultados do PE III – 3ª fase: Influência da Concentração e Tipo de Substância.

Nas tabelas 6.12 e 6.13, em cada questão, está assinalada a resposta correta e destacado, em negrito, o percentual correspondente.

Tabela 6.12 – Respostas do primeiro experimento: concentração e luminescência.

1º Experimento: Concentração X Luminescência		
1) Você acha que as soluções mais diluídas contêm:	Frequência	%
() maior concentração de quinino	01	8,3
(X) menor concentração de quinino	10	83,3
() igual concentração de quinino	00	0,0
Não respondeu	01	8,3
Total	12	100
2) A respeito do brilho das diferentes soluções sob luz UV:	Frequência	%
(X) umas brilham mais do que as outras	12	100
() os brilhos são iguais em todas	00	0,0
() não consigo comparar os brilhos apenas	00	0,0

⁹ *Crime Scene Investigation* – Investigação da Cena do Crime. Na televisão aberta brasileira são seriados transmitidos pela emissora Record.

olhando		
Total	12	100
3) Se você acha que há diferença nos brilhos das soluções, marque a melhor opção:	Frequência	%
(X) o brilho vai aumentando da solução mais diluída para a menos diluída	06	50,0
() o brilho vai aumentando da solução menos diluída para a mais diluída	06	50,0
Total	12	100
4) Portanto é possível afirmar que:	Frequência	%
(X) quanto maior a concentração de quinino, maior o brilho da solução	09	75,0
() quanto maior a concentração de quinino, menor o brilho da solução	00	0,0
() a concentração de quinino não influencia no brilho da solução	00	0,0
Não respondeu	03	25,0
Total	12	100

Nas questões 1, 2 e 4 os alunos atingiram níveis muito bons de respostas corretas. Perceberam bem que a concentração de quinino diminuía nas soluções mais diluídas, que umas brilhavam mais do que as outras, concluindo bem a conexão entre concentração de quinino e o brilho correspondente. Porém na questão 3, apenas metade dos alunos compreendeu bem a relação entre diluição e brilho. A confusão entre diluição e concentração deve ter contribuído para isso. De forma geral, no entanto, a percepção da relação principal, foi bem evidenciada no experimento, no qual eles mesmos prepararam as amostras de diferentes concentrações e visualizaram diretamente os resultados.

Tabela 6.13 – Respostas do segundo experimento: tipo de substância adicionada e luminescência.

<u>2º Experimento: Tipo de Substância Adicionada X Luminescência</u>		
1) Ao comparar as amostras de água tônica pura com as que foram misturadas com sal ou com açúcar, quando iluminadas por luz UV:	Frequência	%
() não observo diferença de brilho entre elas	00	0,0
(X) observo que há diferença de brilho entre elas	10	83,3
() não consigo comparar os brilhos apenas olhando	00	0,0

Não respondeu	02	16,7
Total	12	100
2) Marque a opção (a ou b) que mais se aproxima do que você observa, completando o que é solicitado:	Frequência	%
a (X) As três amostras apresentam brilhos de diferentes intensidades.	03	25,0
b () Das três amostras, duas apresentam brilhos de mesma intensidade.	04	33,3
Marcou as duas opções (a e b)	04	33,3
Não respondeu	01	8,3
Total	12	100
Caso tenha marcado a opção 'a': coloque em ordem (1ª, 2ª, 3ª) partindo daquele que mais brilha para aquele que menos brilha: (_ _) Água Tônica + Sal, (_ _) Água Tônica + Açúcar, (_ _) Água Tônica Pura.	Frequência	%
Sequência: 3ª, 2ª, 1ª (correta)	06	85,7
Não respondeu	01	14,3
Total	07	100
Caso tenha marcado a opção 'b': marque as duas que apresentam o mesmo brilho: () Água Tônica + Sal () Água Tônica + Açúcar () Água Tônica Pura	Frequência	%
Água Tônica + Açúcar e Água Tônica Pura	03	37,5
Água Tônica + Sal e Água Tônica Pura	01	12,5
Água Tônica + Sal	04	50,0
Total	08	100
3) Você acha que alguma das substâncias adicionadas diminuiu o brilho da água tônica?	Frequência	%
(X) Sim. Qual?	Sal	08 66,7
	Pura	01 8,3
	Sem sentido	01 8,3
() Não	01	8,3
Não respondeu	01	8,3
Total	12	100
4) Você acha que alguma das substâncias adicionadas aumentou o brilho da água tônica?	Frequência	%
() Sim. Qual?	00	0,0
(X) Não	09	75,0
Não respondeu	03	25,0
Total	12	100

A distinção de brilho entre as amostras foi plenamente identificada por todos os alunos que responderam a questão. No momento de decidirem sobre a gradação da luminescência entre as amostras não houve consenso,

o que é compreensível, dado que, visualmente, a diferença de intensidade dos brilhos das amostras não estava tão significativa. Deve-se ressaltar que a questão não foi bem entendida, pois deveriam optar entre as alternativas 'a' ou 'b' e isso não foi obedecido. Seis alunos, entre os sete que ordenaram a sequência de brilho das amostras (da que mais brilha para a que menos brilha), acertaram a resposta.

Dois terços dos alunos identificaram corretamente qual substância adicionada provocou a diminuição do brilho da água tônica. Três quartos deles observaram acertadamente que nenhuma das substâncias adicionadas aumentou o brilho da água tônica.

Questões:

As questões propostas no final desta atividade foram respondidas por pouquíssimos alunos. Resumidamente, temos:

Tabela 6.14 – Distribuição do número de alunos em relação a participação no questionário.

Alunos	Frequência	%
Responderam todas as questões	03	25,0
Responderam apenas uma questão	01	8,3
Não responderam as questões	08	66,7
Total	12	100

Quadro 6.7 – Respostas do questionário sobre fenômenos de luminescência.

1 - Cite alguns procedimentos ou cuidados que foram adotados para:	
a) evitar a influência da luz do ambiente:	
Aluno	Respostas
A-01	Fizemos com que o ambiente ficasse escuro, desligando as luzes e fechando as cortinas.
A-09	O professor fechou as cortinas e apagou as luzes.
A-16	O ambiente foi fechado o máximo possível evitando que a luz penetre [na câmara], colocando um EVA preto para ficar escuro.
A-17	O professor fechou as cortinas para que o experimento funcionasse.

b) que todas as amostras recebessem a mesma quantidade de luz UV:	
Aluno	Respostas
A-01	As amostras foram colocadas dentro de um recipiente praticamente fechado.
A-09	Todas as amostras receberam a mesma quantidade de luz UV.
A-16	Foi colocada uma tampa no pote para que a luz não saísse.
2 - Cite algumas habilidades que você usou durante os experimentos:	
Aluno	Respostas
A-01	Tomamos cuidado com a quantidade das substâncias e manejo correto com os instrumentos da experiência e fiz observações importantes para responder o questionário.
A-09	Durante o experimento eu me concentrei e observei a reação do experimento.
A-16	Muito cuidado ao colocar as substâncias nos frascos, olhar os experimentos de longe, entre outros.

Para evitar a influência da luz ambiente (questão 1.a), a maioria dos alunos que responderam a questão destaca o fechamento das cortinas e dois deles citaram o desligamento das luzes da sala; providências pertinentes. Um deles percebeu muito bem que colocação de um pedaço de EVA preto no interior da câmara de exposição, procedimento que ajudava a escurecer o interior da câmara de exposição.

Para garantir que as amostras recebessem a mesma quantidade de luz UV (questão 1.b), os cuidados citados não contribuiriam para o objetivo proposto, pelo menos não de modo direto. É claro que colocá-las dentro do recipiente fechado e com tampa é parte da estratégia, porém não assegura uma distribuição uniforme da luz UV sobre as amostras. O ideal seria que os alunos percebessem o formato da lâmpada UV utilizada (tubular, linear), o alinhamento das amostras (todas bem embaixo da lâmpada UV) e o posicionamento das mesmas (centradas, longe das extremidades da lâmpada).

Entre as habilidades utilizadas durante os experimentos (questão 2), podemos destacar:

- capacidade de concentração e observação (salientando aquilo que “importa” olhar e de onde olhar);
- habilidade no manuseio correto de instrumentos (provetas e pipetas graduadas) e na colocação das substâncias nos frascos;

- habilidade para quantificar as substâncias (referindo-se, provavelmente, ao momento do preparo das amostras com diferentes concentrações);

6.4 Resultados da Avaliação Geral:

Ao final dos processos experimentais os alunos responderam um questionário procurando avaliar criticamente como eles enxergavam suas próprias participações referentes aos seus processos de aprendizagem e constituição de competências.

Tabela 6.15 – Panorama geral dos itens da avaliação geral feita pelos alunos.

A respeito das atividades experimentais realizadas os alunos avaliaram, em relação a eles mesmos, os seguintes itens:

- 1) Criatividade.
- 2) Percepção/conhecimento sobre os fenômenos estudados.
- 3) Capacidade de explorar/investigar os assuntos.
- 4) Compreensão/entendimento sobre os conceitos abordados.
- 5) Habilidade em montar/preparar materiais/aparelhos.
- 6) Capacidade de identificar as variáveis/elementos que influem nos fenômenos.
- 7) Capacidade para elaborar hipóteses (suposições, teorias) para explicar o que estava acontecendo.

Indicador	1)		2)		3)		4)		5)		6)		7)	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
Aumentou	13	93	11	78	7	50	9	64	9	64	6	43	6	43
Diminuiu	0	00	1	07	1	07	1	07	1	07	2	14	2	14
Não Alterou	1	07	0	00	4	28	1	07	3	21	2	14	2	14
Não sei avaliar	0	00	2	14	2	14	3	21	1	07	2	14	4	28
Não respondeu	0	00	0	00	0	00	0	00	0	00	2	14	0	00
Total	Frequência (F) = 14 (100%)													

Quadro 6.8 – Avaliação sobre o item 1: criatividade.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Aumentou	Pois as experiências abordadas abriram caminhos novos de entendimento dos elementos que nos rodeiam.
A-03	Não alterou	Não alterou muito.
A-07	Aumentou	Como fazer experiências interessantes e de um modo mais criativo e inovador.
A-08	Aumentou	Aumentou, porque no trabalho tivemos que “criar” experiências.
A-09	Aumentou	Aumentou, por causa que eu aprendi a montar experimentos, etc.
A-11	Aumentou	Aumentou, porque eu prestei atenção nas aulas.
A-12	Aumentou	Aumentou um pouco.
A-14	Aumentou	Aumentou, pois descobri coisas divertidas, interessantes e fáceis de se fazer.
A-15	Aumentou	Aumentou, devido a percepção dos fenômenos, o que me incentivou a criar algo.
A-16	Aumentou	Porque as experiências foram bem explicadas e interessantes causando curiosidades e vontade de fazer outros experimentos.
A-20	Aumentou	Não respondeu.
A-23	Aumentou	Aumentou, porque eu pretendo fazer mais experiências mas com o meu jeito.
A-24	Aumentou	Aumentou, devido às pesquisas que fiz sobre minha apresentação.
A-25	Aumentou	Porque eu vi coisas novas com as experiências e a minha mente abriu para a criatividade.

Apenas um aluno afirmou que sua criatividade não foi alterada. Todos os demais afirmaram terem sua criatividade aumentada. Nas suas justificativas ou exemplos, destacam-se alguns argumentos:

- os alunos A-01, A-25 referem que as experiências funcionaram como desencadeadoras da criatividade, e despertaram suas mentes para novas possibilidades e entendimento do que nos cerca. Os experimentos fomentaram o aspecto criativo.
- o aluno A-09 atrela seu aumento de criatividade à montagem dos experimentos. Isso é um indício de as atividades de montagem ajudaram-no a desenvolver a criatividade.

- o aspecto lúdico foi lembrado pelo aluno A-14, bem como, a facilidade em realizá-las. O aluno sente-se estimulado quando há coisas que ele mesmo pode fazer.
- incentivo à autonomia como refere o aluno A-23 “pretendo fazer mais experiências mas com o meu jeito” e pelos termos “criar” (alunos A-08 e A-15) e à iniciativa vontade de fazer (A-16).

Quadro 6.9 – Avaliação sobre o item 2: percepção/conhecimento sobre os fenômenos estudados.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Aumentou	Há muitas coisas em que eu tinha dúvida e agora entendo.
A-03	Aumentou	Aumentaram, porque cada dia aprendo coisas novas.
A-07	Não sei avaliar	Não sei se entendi tudo corretamente.
A-08	Aumentou	Não respondeu.
A-09	Aumentou	Por causa que tinha certos fenômenos que eu não sabia mas que agora eu aprendi e gostei muito.
A-11	Aumentou	Aumentou porque eu estudei os objetos.
A-12	Diminuiu	Diminuiu um pouco.
A-14	Não sei avaliar	Em alguns estudos aumentou, em outros, não alterou muito.
A-15	Aumentou	Busquei achar explicação para eles e ainda desvendar o porquê.
A-16	Aumentou	Aumentou, porque não ficamos apenas na teoria e praticamos fazendo experiências, tirando dúvidas se o experimento realmente funciona.
A-20	Aumentou	Não respondeu.
A-23	Aumentou	Pois eu fiz descobertas.
A-24	Aumentou	Porque tive que tentar mais vezes até achar os procedimentos certos.
A-25	Aumentou	Pois vi coisas bem diferentes que me estimularam a fazer várias experiências.

Para cerca de 80,0% dos alunos houve um aumento da percepção/conhecimento sobre os fenômenos. Apesar de não responderem especificamente sobre o foco da questão, levantaram aspectos relevantes como aprender novidades, buscar esclarecimentos e fazer descobertas.

Muitos argumentos são bastante contundentes e refletem bem alguns comportamentos desejados, tais como:

- procurar pela explicação desvendando o porquê, como salienta o aluno A-15;
- ir além da teoria, verificando o experimento na prática, como muito bem destaca o aluno A-16: “não ficamos apenas na teoria e praticamos fazendo experiências, tirando dúvidas se o experimento realmente funciona”;
- estudar os próprios objetos usados, como aponta o aluno A-11;
- persistir na busca do procedimento adequado, ou seja, como escreve o aluno A-24: “tentar mais vezes até achar os procedimentos certos”;
- sentir-se estimulado, ao observar coisas diferentes, a fazer mais experimentos, como aponta o aluno A-25.

Quadro 6.10 – Avaliação sobre o item 3: capacidade de explorar/investigar os assuntos.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Não alterou	Apesar de não alterar, nunca me impedi de ir além dos limites.
A-03	Aumentou	Aumentou bastante, porque quando é pra saber de algo investigo rápido.
A-07	Aumentou	Agora eu busco mais sobre as experiências, não fico só vendo o resultado final, eu busco saber porque deu esse resultado.
A-08	Não alterou	Não respondeu.
A-09	Não alterou	Porque o que eu sabia não aumentou e nem diminuiu.
A-11	Não sei avaliar	Não parei para pensar.
A-12	Diminuiu	Diminuiu um pouco.
A-14	Aumentou	Pois nós temos que descobrir como montar esses experimentos e isso desperta a curiosidade para nós investigarmos.
A-15	Aumentou	Aumentou, pois despertei interesse pessoal.
A-16	Não alterou	Não alterou muito, pois ainda tenho algumas dificuldades.
A-20	Aumentou	Não respondeu.
A-23	Não sei avaliar	Não respondeu.
A-24	Aumentou	Tive de pesquisar sobre o assunto antes de seguir com o experimento.
A-25	Aumentou	Vi as experiências interessantes e tive curiosidade de saber mais sobre as experiências.

Metade dos alunos indicou que sua capacidade de explorar/investigar os assuntos aumentou, sendo que apenas um admitiu ter diminuído.

Alguns argumentos merecem destaque por retratarem muito bem os objetivos do processo experimental. Por exemplo:

- buscar saber mais sobre os experimentos, não focando apenas o resultado final, mas tentando entender como ele foi obtido (aluno A-07);
- descobrir como montar os experimentos, despertando a curiosidade para que se investigue (A-14);
- pesquisar sobre o assunto antes prosseguir com a experimentação (A-24);
- ver experiências interessantes que despertem a curiosidade para obter mais conhecimentos sobre elas (A-25).

Quadro 6.11 – Avaliação sobre o item 4: compreensão/entendimento sobre os conceitos abordados.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Aumentou	Exemplo: troca de elétrons.
A-03	Não sei avaliar	Não sei avaliar.
A-07	Aumentou	Alguns eu entendo bem, mas outros não entendo nada.
A-08	Aumentou	Ela aumentou, mas eu acho que não é o suficiente.
A-09	Não sei avaliar	Não [sei] avaliar.
A-11	Não alterou	Não mudou nada.
A-12	Aumentou	Pelo menos isso eu sei um pouco.
A-14	Não sei avaliar	Como eu disse na 2, em alguns lados sim e outros não.
A-15	Aumentou	Aumentou muito, pois sempre fui atrás das respostas.
A-16	Aumentou	Aumentaram, não tive dúvidas.
A-20	Diminuiu	Não respondeu.
A-23	Aumentou	Aumentou, pois agora posso fazer coisas que eu não sabia fazer antes.
A-24	Aumentou	Aumentou devido às pesquisas que fiz sobre o meu experimento.
A-25	Aumentou	Sim, pois quando vi as experiências pude entender o que [e] como iria fazê-las.

Aproximadamente 60% dos alunos indicaram um aumento na compreensão ou entendimento sobre os conceitos abordados. Nas

explicações, a maioria afirma que algumas coisas entendem bem e outras não, sendo que poucos sustentaram argumentos mais consistentes, como:

- a capacidade adquirida de poder fazer coisas que antes não sabia fazer (A-23), ou seja, o conhecimento construído permitiu-lhe acionar esta competência;
- a realização de pesquisas prévias (A-24) que ajudaram no entendimento do experimento que fez (referindo-se, provavelmente, ao PE II);
- a visualização dos experimentos (A-25) permitiu o entendimento do que fazer e como fazer.

Quadro 6.12 – Avaliação sobre o item 5: habilidade em montar/preparar materiais/aparelhos.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Aumentou	Exemplo: circuito elétrico interruptor.
A-03	Não sei avaliar	Não sei avaliar.
A-07	Não alterou	Continuo a mesma, pois não adianta nada continuar não entendendo nada, eu só entendo na hora.
A-08	Aumentou	Aumentou, montando os circuitos elétricos, por exemplo.
A-09	Aumentou	Aumentou, por causa que antes das aulas eu não sabia fazer nada, mas agora eu sei montar aparelhos.
A-11	Aumentou	Esse sim aumentou e muito, porque eu tive muitas experiências montando e desmontando muitas coisas.
A-12	Diminuiu	Não é que eu não sei, é que eu não presto muito atenção.
A-14	Aumentou	Pois temos que ser rápidos para não perder tempo. É como um tipo de competição contra os outros colegas.
A-15	Não alterou	Às vezes me atrapalho com os materiais.
A-16	Aumentou	Porque me interessa por isso e com a pessoa se interessando o aprendizado fica mais fácil.
A-20	Aumentou	Não respondeu.
A-23	Não alterou	Não respondeu.
A-24	Aumentou	Pois tive de montá-lo mais de uma vez.
A-25	Aumentou	Pois tem que ter cuidado para mexer com as peças.

Para cerca de 64% dos alunos houve um incremento na habilidade em montar e preparar materiais e aparelhos. Nas justificativas, remetem:

- às montagens dos circuitos elétricos (A-01, A-02);
- ao fato de montar mais de uma vez (e desmontar) ou de montar muitas coisas, como um aspecto favorável (A-08, A-09, A-11, A-24).

Muito significativo é o argumento do aluno A-09 de que antes das aulas não sabia fazer nada, mas depois, sabia montar aparelhos, denotando que esta capacidade foi construída ao longo dos processos experimentais.

Quadro 6.13 – Avaliação sobre o item 6: Capacidade de identificar as variáveis/elementos que influem nos fenômenos.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Aumentou	Exemplo: modelo simples do átomo.
A-03	Não respondeu	Não respondeu.
A-07	Diminuiu	Eu acho que entendi mas não entendi, na sorte alguns eu entendo.
A-08	Aumentou	Ela aumentou, mas ainda não é boa o suficiente.
A-09	Aumentou	Aumentou, por causa que tinha elementos que eu não sabia identificar e nem sabia os nomes dos elementos e agora sei.
A-11	Não alterou	Não respondeu.
A-12	Não sei avaliar	Me esqueci.
A-14	Não respondeu	Não respondeu.
A-15	Não sei avaliar	Não respondeu.
A-16	Aumentou	Tudo foi bem explicado tornando o conhecimento bem especificado.
A-20	Diminuiu	Não respondeu.
A-23	Aumentou	Aumentou, porque agora eu sei fazer.
A-24	Não alterou	Não respondeu.
A-25	Aumentou	Pois cada experiência necessita de peças diferentes e temos que saber distingui-las.

Para cerca de 43% dos alunos, a capacidade de identificar as variáveis ou elementos que influem nos fenômenos aumentou. Porém, a maioria das justificativas não aborda diretamente a questão. Destacamos os pensamentos dos alunos:

- A-09 ao revelar que não sabia os nomes e nem identificar alguns elementos e, após os experimentos, já consegue;

- A-25 indicando que cada experiência precisa de peças diferentes e é necessário saber distingui-las.

São argumentos que apontam para a facilitação, gerada pelos processos de experimentação, na intermediação entre sujeito e objeto de estudo, que promove melhores associações.

Quadro 6.14 – Avaliação sobre o item 7: capacidade para elaborar hipóteses (suposições, teorias) para explicar o que estava acontecendo.

Aluno	Indicador	Explicação ou exemplos
A-01	Aumentou	Exemplo: relatório sobre o circuito elétrico.
A-03	Diminuiu	Diminuiu, porque não consigo explicar o que aconteceu mas consigo entender.
A-07	Não sei avaliar	Hipóteses até eu tenho mas nunca estão certas.
A-08	Não alterou	Não alterou porque não sou muito boa em hipóteses.
A-09	Não sei avaliar	Eu não sei avaliar.
A-11	Aumentou	Aumentou porque agora eu conheço mais objetos.
A-12	Não alterou	Eu não sei fazer muito direito.
A-14	Não sei avaliar	Pois eu consigo elaborar teorias sobre certas coisas e outras não.
A-15	Aumentou	Pois eu sentia vontade de identificar o que acontecia.
A-16	Aumentou	Ficou bem criativa.
A-20	Não sei avaliar	Não respondeu.
A-23	Diminuiu	Não sei identificar o que ocorre.
A-24	Aumentou	Aumentou porque fiquei curioso sobre os acontecimentos.
A-25	Aumentou	Pois temos que explicar a experiência e temos que elaborar teorias, suposições e hipóteses.

Aproximadamente 43% dos alunos indicaram um aumento na sua capacidade de elaborar hipóteses. De modo geral, os alunos até faziam suposições, muitas vezes plausíveis, porém são habituados a esperar a explicação do professor e não costumam pensar sobre o que causa os fenômenos. Percebe-se pelas respostas dos alunos A-07, A-08, A-14 que esta capacidade é avaliada no sentido de “estar correto” ou é limitada a certos fenômenos, o que não representa o intuito da proposta. Aventar uma

hipótese significa uma explicação possível, coerente com o que se observa, uma conjectura que tem uma probabilidade de ser confirmada.

Para o aluno A-11 o conhecimento de “mais” objetos ajudou neste aspecto.

Quadro 6.15 – Avaliação sobre o item 8: você acha que aprende melhor fazendo experiências ou sem fazê-las? Explique.

Aluno	Respostas
A-01	Aprendo praticando-as, isso é até mais criativo.
A-03	Aprendo melhor fazendo as experiências, porque fica mais explicado.
A-07	Acho melhor fazer experiências, pois aprendemos mais fazendo do que fazendo textos.
A-08	Fazendo experiências, porque às vezes é melhor aprender praticando.
A-09	Eu acho que fazendo a experiência eu aprendo, por causa que é mais dinâmico.
A-11	Fazendo experiências, porque assim você observa mais os objetos.
A-12	Eu acho que é melhor, daí você aprende melhor a matéria.
A-14	Fazendo-as, porque eu acho que aprendemos mais praticando do que só lendo.
A-15	Fazendo, pois desperta mais o meu interesse sobre os assuntos.
A-16	Fazendo, porque conseguimos entender praticando e olhando as experiências e os fenômenos causados.
A-20	Fazendo experiências eu aprendo melhor. Porque as experiências são divertidas e entram na minha memória.
A-23	Aprendo melhor fazendo, pois vamos estar fazendo.
A-24	Tanto faz, mas fazer as experiências é bem legal.
A-25	Fazendo experiências nós podemos aprender mais e melhor do [que] só vendo.

Praticamente 93% dos alunos acha que aprende melhor realizando as experiências. O único aluno (A-24) que se diz indiferente, ressaltou que fazê-las “é bem legal”.

Alguns alunos estabeleceram um comparativo com outras estratégias de ensino e acham que aprendem mais e melhor do que só vendo (A-25), do que só lendo (A-14), do que fazendo textos (A-07). Isso caracteriza o aspecto pró-ativo do processo experimental.

Além disso, destacam que fazer os experimentos desperta o interesse (A-15), fica ‘mais’ explicado (A-03), é divertido e ‘entra’ na memória (A-20), é mais dinâmico (A-09), é até mais criativo (A-01). Este elenco de características revela o potencial didático-motivacional inerente às atividades experimentais.

Competências científicas também são relatadas. O desenvolvimento das mesmas teria contribuído para melhor aprendizagem. Fazendo as experiências é possível observar ‘mais’ os objetos, como aponta o aluno A-11 e assim seus detalhes são melhores percebidos. De acordo com o aluno A-16, conseguimos entender praticando e olhando as experiências e os fenômenos causados, ou seja, prática e observação estão relacionadas com a compreensão dos fenômenos.

Quadro 6.16 – Avaliação sobre o item 9: aprendizagem durante e após cada experimento.

Você acha que aprendeu:						
Aluno	a) durante a realização de cada experimento?			b) somente no final de cada experimento?		
	Sim	Não	Mais ou menos*	Sim	Não	Não respondeu
A-01	X			X		
A-03	X				X	
A-07			X	X		
A-08	X				X	
A-09		X		X		
A-11	X			X		
A-12	X				X	
A-14	X					X
A-15	X				X	
A-16	X			X		
A-20	X				X	
A-23	X				X	
A-24	X			X		
A-25	X				X	
Total	12 (85,7%)	01 (7,1%)	01 (7,1%)	06 (42,8%)	07 (50,0%)	01 (7,1%)

A ideia era que o aluno optasse entre a opção a ou b. Entretanto muitos acabaram marcando as duas opções. A categoria marcada com asterisco surgiu como resposta alternativa de um dos alunos. Se considerarmos as respostas isoladamente, uma parcela de 85% dos alunos acredita que aprendeu durante a realização de cada experimento.

Quadro 6.17 – Avaliação sobre o item 10: aprendizagem, habilidades e percepção de detalhes durante uma experiência.

Enquanto você monta e realiza uma experiência você acha que está, ao mesmo tempo:	
Aluno	a) aprendendo outros assuntos? Quais?
	b) adquirindo habilidades? Quais?
	c) percebendo detalhes que não seriam percebidos a não ser fazendo a experiência? Quais?
A-01	a) Sim, pois todas as experiências realizadas se ligam a outro elemento, ou seja, cada experiência tem um seguimento.
	b) Sim, ligar um LED com a energia de pilhas e um circuito.
	c) Sim, hoje percebo que todos os elementos que me rodeiam têm componentes que os formam e esses componentes são feitos de outros elementos.
A-03	a) Sim. Aprendendo a explorar como coisas tão simples que não vemos são feitas e vistas com imprecisões.
	b) De fazer certo e depois ensinar.
	c) Muitos, mas não sei falar quais.
A-07	a) Sim, como montar uma experiência corretamente, aprender mais outras coisas como o que pode acontecer se fizermos algo errado e etc.
	b) Antes de uma coisa dar errado por uma falha minha numa experiência, eu fico atenta pra ver o que vai acontecer.
	c) Não sei dizer se percebo ou não.
A-08	a) Sim.
	b) Sim, habilidades de perceber fenômenos.
	c) Não.
A-09	a) Eu estou aprendendo o assunto da experiência.
	b) Eu estou adquirindo habilidades sobre montar o experimento.
	c) Eu não sei explicar.
A-11	a) Na minha opinião não, porque você está fazendo aquela experiência.
	b) Não respondeu.
	c) Não respondeu.
A-12	a) Sim, você vai aprendendo mais o assunto e também a

	<p>experiência.</p> <p>b) Não sei direito.</p> <p>c) Sim, se não visse a experiência eu não sabia fazer.</p>
A-14	<p>a) Sim, pois aprendemos um pouco de cada coisa com uma só experiência (ondas, eletricidade, polaridade, etc).</p> <p>b) Habilidades em montagem, percepção, compreensão, elaboração e investigação.</p> <p>c) Não respondeu.</p>
A-15	<p>a) Sim, fenômenos científicos.</p> <p>b) Sim, identificar os fenômenos e suas causas.</p> <p>c) Sim, pois uma experiência revela detalhes despercebidos em uma “cópia” no caderno.</p>
A-16	<p>a) Sim, por exemplo, as montagens de experimentos foram feitas coletivamente, todos descobrimos juntos os fenômenos.</p> <p>b) Montando mais rápido circuitos, entre outras coisas.</p> <p>c) Ver os instantes em que acontece o fenômeno causado pelos objetos ou substâncias juntas.</p>
A-20	<p>a) Não, porque eu presto muito a atenção nas aulas de Ciências e também por me interessar muito.</p> <p>b) Sim. Mexer nas experiências, manusear as experiências.</p> <p>c) Sim, como forças magnéticas, eletromagnéticas, ondas emitidas e recebidas.</p>
A-23	<p>a) Não.</p> <p>b) Sim. Vou saber elaborar uma [experiência].</p> <p>c) Sim.</p>
A-24	<p>a) Não respondeu.</p> <p>b) Sim, como montar o experimento.</p> <p>c) Sim, como ligar algo no lugar errado, se mudar a ordem dos procedimentos o experimento não funciona.</p>
A-25	<p>a) Sim. Calcular como acontece a experiência.</p> <p>b) Sim. De montar as experiências e mexer com as peças.</p> <p>c) Sim. É que algumas experiências, dependendo do lugar, não acontecem.</p>

Cerca de 64% dos alunos afirmaram que aprendem outros assuntos ao mesmo tempo que montam e realizam uma experiência. O aluno A-01 destaca a ligação entre as experiências realizadas com outros elementos, como um seguimento, um encadeamento; isto denota o potencial de estabelecer interconexões entre os temas estudados. Aprender a explorar coisas simples, vê-las e fazê-las com grande impressão é a opinião do aluno A-03, que expressa a capacidade de investigar e revelar coisas impressionantes partindo de coisas aparentemente singelas. Também é

possível, de acordo com o aluno A-07, aprender o que pode acontecer se fizermos algo errado, avaliando as consequências das ações. Para o aluno A-14 dá para aprender uma variedade de coisas a partir de uma única experiência, ressaltando o caráter interdisciplinar da experimentação.

Para quase 86% dos alunos é possível adquirir habilidades enquanto montam e realizam uma experiência. Entre elas são citadas:

- montagem de circuitos elétricos simples;
- elaborar, montar e manusear as experiências (e suas peças);
- fazer corretamente e depois ensinar;
- antever possíveis falhas que poderiam acontecer;
- perceber os fenômenos e suas causas;
- percepção, compreensão, elaboração e investigação;

Muitas delas referem-se a capacidade de saber mobilizar uma diversidade de conhecimentos em várias situações e de forma adequada.

Aproximadamente 64% dos alunos acham que conseguem perceber detalhes que não seriam vistos a não ser realizando a experiência. Ao exemplificar, alguns alunos apontam:

- perceber elementos que compõem as coisas que o cerca e que cada elemento é composto por outros;
- que a experiência revela detalhes que não seriam percebidos só copiando no caderno;
- vivenciar os momentos em que ocorre o fenômeno causado pelos objetos ou substâncias juntas (reações);
- as condições ambientais para que determinado experimento ocorra, assim como qual a sequência correta e adequada execução dos seus elementos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Para os metafísicos, a experiência nunca se ergue acima do nível particular, do contingente e do provável. Só um poder que transcenda, na origem e por seu conteúdo, toda e qualquer experiência concebível, poderá alcançar autoridade e direção universal necessária e certa. Os próprios empíricos admitiram a justeza de tais assertos. Apenas disseram que, visto não existir uma faculdade da Razão Pura em posse da Humanidade, devemos acomodar-nos com o que temos - a experiência - e utilizá-la da melhor forma possível”.

John Dewey

As circunstâncias em que o trabalho foi efetivamente realizado fornecem o contexto real no qual o processo se desenvolveu e gerou seus resultados. Estas considerações são relevantes para estabelecer a contingência de sua validade.

A princípio pode parecer estranho e até sem justificativa, o fato de muitos alunos simplesmente não quererem responder questões ou fazer relatórios, apesar do constante estímulo e da suposta atração pelas atividades. Uma coisa é participar da atividade experimental em si (o que faziam quase sempre de bom grado e com entusiasmo), outra é ter que escrever sobre elas. Apesar dos esforços dos professores, realizados através das mais variadas formas e abordagens, para promover a conscientização crítica a respeito do valor e da importância na participação efetiva nas atividades escolares, no sistema escolar que estão inseridos, não há nada que os faça mudar de postura. Sabem que suas negativas não afetarão suas vidas escolares. Para quem não vivencia e não está inserido neste contexto parece fácil convencer o aluno a ter responsabilidade e se não a tiver terá que arcar com as consequências. Portanto, não se trata de aceitar passivamente que os alunos não façam o que é solicitado, pois na prática,

não faz a menor diferença para eles e tampouco se importam com isso. E o sistema educacional vigente não apenas gera como ampara esta situação.

No momento da realização das atividades, apesar das explicações e esclarecimentos prévios a respeito do significado dos termos presentes nos questionários e nos roteiros, muitos alunos acabavam entendendo errado, não prestavam a devida atenção ou até esqueciam. Estes comportamentos, em parte justificados por deficiências acumuladas durante os anos escolares anteriores como a falta de estímulo à interpretação e ao raciocínio, eram frequentes na rotina das aulas, independentemente do tipo de tarefa realizada. Os significados se perdiam e a compreensão sobre o que deveria ser feito ou respondido acabava bastante comprometida.

Uma das limitações encontradas para a realização de algumas montagens feitas pelos alunos foi a restrição ao acesso e manuseio de alguns tipos de ferramentas. Por medida de precaução, devido ao comportamento e relacionamento dos alunos, os riscos envolvidos nas diversas situações práticas eram minimizados. Em função disso, algumas atividades inicialmente planejadas tiveram que ser trocadas ou previamente modificadas, tanto na sua execução quanto no tipo de material utilizado.

Outro aspecto a considerar são as implicações propriamente formulativas em relação à capacidade de elaborar suposições ou explicações, pois a maioria dos estudantes não apresentou a maturidade esperada para a faixa etária em que se encontravam. Ao invés de tentarem propor algo relacionado e ajustado sobre o que estava acontecendo, muitas vezes, faziam confusas conjecturas que pouca relação tinham com os fenômenos observados ou davam palpites ao acaso.

Os alunos compartilhavam “concepções próprias”, “impressões espontâneas” a respeito de cada tarefa ou atividade que executavam, principalmente quando trabalhavam em grupos. Esta troca ampliava e reforçava (num processo de retroalimentação) o senso comum que possuíam sobre os fenômenos. Por serem explicações no mesmo patamar cognitivo, ambiental e linguístico (muito mais inteligível que a linguagem científica) eram incorporadas, reintrojadas, ancoradas nos subsunçores (sob o ponto de vista da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel) e acabavam se

amalgamando com suas ideias prévias. Certamente isto se refletiu nas suas produções que terminavam contaminadas por mais ideias de senso comum, somando-se a isso, ainda, o fato de que, de modo geral, devido a um certo comodismo, optavam invariavelmente por respostas mais curtas (com poucos elementos para agregar) e rápidas (com pouco tempo de reflexão).

Ao tentarmos obter dos alunos suas impressões ou relações com o que estava sendo observado e analisado, seja de imediato ou após algum tempo, boa parte das respostas não tiveram o tempo individual para absorção e maturação. Muitas delas, portanto, eram superficiais e/ou apressadas. Este é um fator problemático em qualquer tipo de pesquisa onde os dados são obtidos por meio de questionários, entrevistas e similares. Porém, nesta circunstância específica, adquire uma dimensão maior que só é percebida na análise dos resultados. Tendo em vista a pouca idade/maturidade e o impacto do ineditismo das atividades, a apropriação dos termos, conceitos e relações é muito mais lenta, difícil e até refratária. O vínculo necessário para o real entendimento e posterior manifestação acaba não se estabelecendo.

Tais ressalvas não intencionam abonar ou amenizar justificativas para alguns dos resultados obtidos, mas tem um peso significativo nas participações, atitudes e produções (orais, escritas e materiais) que foram coletadas.

Dizer que os experimentos podem ou não fornecer um incremento no conhecimento científico tem apontado para resultados divergentes na literatura. Alguns estudos apontam uma melhor e outros uma pior situação comparativa. O conhecimento mensurado certamente tem a ver com o conhecimento formalizado do conteúdo e vários estudos apontam que, independente do método usado, diferenças significativas não são reportadas, talvez pela dificuldade de obter dados consistentes ou pela complexidade da pesquisa devido às inúmeras variáveis intervenientes e não controláveis.

Em relação às implicações das questões filosóficas, uma análise cuidadosa de exemplos históricos e da recente epistemologia da experimentação revelam não um consenso mas muitas dúvidas e incertezas. Como aponta Radder (2003), uma análise mais próxima e profunda parece mostrar que na raiz da experiência há sempre uma teoria subjacente e não

há como escapar disso. Por outro lado a mesma análise feita sobre os fundamentos teóricos leva-nos a concluir que existem muitos tijolos empíricos que previamente constituíram as bases das teorias ou que, pelo menos, possibilitaram suas intuições.

No entanto, se pensarmos na crítica forte que é amplamente veiculada, contra os métodos e propostas que poderiam “desvirtuar” o processo “mais adequado” da filosofia da ciência (e caberia discutir quem decide qual é o mais apropriado, quem determina o que não serve e o que serve daqui para frente...), temos que tomar o cuidado de não cairmos em tentação em adotar certos posicionamentos que carregam conclusões e inferências precipitadas, tendenciosas, descabidas e até injustas. Atualmente, inúmeras contribuições da filosofia contemporânea nos deslocam de uma posição segura e de conforto, mostrando um real esmaecimento das fronteiras entre as áreas do conhecimento, uma dissipação dos limites bem estabelecidos e um questionamento dos próprios conceitos fundamentais, levando o debate, muitas vezes, a situações indefinidas e até paradoxais.

É importante fazer este contraponto para amenizar argumentos e visões unilaterais demasiadamente preponderantes no meio educacional e que, por vezes, tornam-se verdadeiras cartilhas, evitando que sejam tomados como naturais. É bom lembrar que, em geral, seus autores, assim como nós, não são filósofos ou filósofos da ciência e estamos todos “interpretando” as fontes disponíveis. Convém refletir criticamente, não aceitar por imposição do *status quo*, buscar referenciais alternativos, favorecendo o pluralismo de concepções para, então, decidir autonomamente.

Ao final de tudo, novamente vale reforçar, para os que afirmam que “sempre se está aprendendo quando se faz qualquer coisa”, ou seja, independentemente do método sempre se aprende durante. De fato, a premissa é parte desta estratégia. Contamos com ela. A diferença é que na experimentação amplificamos isto a um nível superior, pois como foi evidenciado ao longo do trabalho, o contato (concreto) constante com tantos e diferentes elementos durante os experimentos instiga mais a curiosidade do aluno, permite que ele levante mais questões, busque mais e diferentes soluções, perceba mais detalhes (materiais, formas, cores, texturas,

dimensões, funções, relações, etc). Não se trata de desmerecer outras estratégias. Cada uma tem seu âmbito de atuação, capacidades específicas e limitações, assim como a estratégia que implementamos também tem. Mas o simples fato de fazer experimentos implica implicitamente, sob diversas formas e meios, em aprender ciência, sobre ciência e como ela é feita.

As atividades experimentais dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens sendo, portanto, extremamente enriquecedoras para o aluno. Devido às atividades experimentais, o aluno é incitado a transcender os mundos dos conceitos e das linguagens, tendo a oportunidade de relacioná-los com o mundo empírico. Elas permitem o estabelecimento de uma interface relacional com o ambiente, a constituição de uma autonomia ante aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam uma análise crítica sobre os resultados. Desta forma o aluno vai construindo um suporte conceitual e operacional para poder tomar decisões durante e após as investigações. A inquisição dos fenômenos, a manipulação de modelos e o domínio de métodos, somente se tornarão viáveis se o próprio aluno imergir nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento (SÉRÉ; COELHO; NUNES, 2003).

Os procedimentos experimentais efetivamente auxiliaram os alunos a agregarem capacidades argumentativas e competências pertinentes aos aspectos explorados. Os diálogos e questionamentos efetuados no decorrer das diversas etapas ajudaram a fixar termos, a aplicar conhecimentos anteriores de maneira apropriada, a avaliar novas ações sob aspectos ainda não considerados. Os processos experimentais foram concebidos para serem atrativos, num apelo constante pela participação e envolvimento do aluno favorecendo sua motivação. O processo de construção de competências ocorreu concomitante com o processo de experimentação. A capacidade de realizar novamente e de forma correta, sem nenhuma orientação adicional, uma etapa já realizada, revela esta construção. A exigência de trazer a tona estas competências em novas e diferentes circunstâncias forçou o aluno a mostrar o que é capaz de realizar de maneira autônoma. O envolvimento com o processo experimental favoreceu de maneira quase permanente, a

possibilidade de o aluno estabelecer um vínculo mais efetivo e afetivo na construção de um conhecimento mais próximo ao científico, além da formação de competências científicas pertinentes.

Acreditamos que a maior contribuição gerada por este trabalho foi o de corroborar a importância e o papel do *processo* de experimentação, dentro de uma filosofia *in itinere*, contribuindo efetivamente para a formação concreta de competências científicas e, direta e indiretamente, na aprendizagem de conceitos científicos relacionados.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, V. W.; DELIZOICOV, N. C. **A Experimentação didática no ensino fundamental**: impasses e desafios. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009. Não paginado. Disponível em:
<<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/7enpec/pdfs/1225.pdf>> Acesso em: 27 abr. 2010.
- ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. 2000. 312 f. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências Naturais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- ARABATZIS, T. Experiment. In: **The Routledge companion to philosophy of science**. Editado por Stathis Psillos and Martin Curd. Londres e Nova Iorque: Routledge, cap. 15, p. 159-170, 2008.
- ARGUELLO, C. A. Material didático de ciências. Iniciação científica: um salto para a ciência. TV Escola: **Salto para o futuro**. Rio de Janeiro: TV Escola, TVE Brasil, 2005. Programa de TV. Disponível em:
<http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=51429> Acesso em: 05 jul. 2008.
- ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2010. Disponível em:
<www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf> Acesso em: 08 out. 2011.
- BASTOS FILHO, J. B. A unificação de Newton da física de Galileu com a astronomia de Kepler à luz da crítica Popperiana à indução. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo v. 17, n. 3, p. 233-242, 1995.
- BONDIA, J. L. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. **Revista Brasileira de Educação**, Campinas, n. 19, p.20-28, 2002. Disponível em:
<http://anped.org.br/rbe/rbedigital/RBDE19_04_JORGE_LARROSA_BONDI A.pdf> Acesso em: 21 ago. 2010.
- BRAGA, N. C. **Curso prático de eletrônica**. São Paulo: Saber. 1995.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BROCKINGTON, G; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.10, n.3, p.387-404, 2005. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n3/v10_n3_a5.html > Acesso em: 30 out. 2008.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. Ciência & Educação**, Bauru, v.10, n.3, p. 363-381, 2004. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/05.pdf> Acesso em: 28 abr. 2010.

CARTER, R. et al. **O livro do cérebro: sentidos e emoções** (trad.). São Paulo: Duetto, 2009. p. 128-129.

CHAVANNES, I. **Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes em 1907**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

COSTA, A. M. A. A procura e a descoberta da ordem e da desordem no universo. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN M. H. R. (Orgs.). **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; FAPESP, 2006. p. 253-283.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. A disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: _____. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. Porto Alegre: Artmed, cap. 1, p. 15-41, 2006.

DRORI, J. **Jonathan Drori on what we think we know**. 2007. Palestra postada em setembro de 2008 no sítio da Internet TED (Technology, Entertainment, Design). Disponível em: <http://www.ted.com/talks/jonathan_drori_on_what_we_think_we_know.html> Acesso em: 10 set. 2009.

GIOPPO, C.; SCHEFFER E. W.; NEVES, M. C. D. O Ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar em Revista**, Curitiba, n.14, p.39-57, 1998. Disponível em: <http://www.educaremrevista.ufpr.br/arquivos_14/gioppo_scheffer_neves.pdf> Acesso em: 13 fev. 2009.

GIORDAN, M. **Experimentação por simulação**. Textos LAPEQ n. 8. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://quimica.fe.usp.br/textos/educ/pdf/experimentacao.pdf>> Acesso em: 27 jul. 2010.

GONTIJO, C. H. Estratégias de ensino em matemática e em ciências que promovem a criatividade: algumas possibilidades. **Ciência & Ensino**, Campinas, v.1, n.2, 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/103/127>> Acesso em: 5 jan. 2009.

HAMBURGER, E. Divulgação científica. Iniciação científica: um salto para a ciência. TV Escola: **Salto para o futuro**. Rio de Janeiro: TV Escola, TVE Brasil, 2005. Programa de TV. Disponível em: <www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=51434> Acesso em: 05 jul. 2008.

KIRSCHNER, P. A. Epistemology, practical work and academic skills in science education. **Science & Education**, Netherlands, v.1, p.273-299, 1992. Disponível em: <http://igitur-archive.library.uu.nl/fss/2006-0919-200844/kirschner_92_epistemology_practical_work_academic_skills_science_education.pdf> Acesso em: 27 jan. 2010.

LAGO, S. R.; ENS, W. **Ciências: escola moderna**. Meio ambiente: ar, água e solo. v. 1. 4a ed. São Paulo: IBEP, 1972.

LAURENZA, A. M. A. Fórmulas para o ensino de ciência dar certo no país. In: IMPRENSA. Natal: Instituto Internacional de Neurociências de Natal. Não paginado. Disponível em: <www.natalneuro.org.br/imprensa/pdf/2007_12_valoreconomico.pdf> Acesso em: 16 abr. 2012.

MARTINS, R. A. A descoberta da radioatividade. In: SANTOS, C. A. **Da revolução científica à revolução tecnológica** – Tópicos de história da física moderna. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, p. 29-49, 1998.

MELO, T. M. **E agora, professor? Por uma pedagogia vivencial.** [200-]. Disponível em: <http://ifce.com.br/php/artigo_mostra.php?cod=4> Acesso em: 26 jul. 2010.

MORAES, R. Educar pela Pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula:** tendências para educação em novos tempos. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 127-142, 2004.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: _____. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999. cap. 10, p. 151-165.

NOLA, R; IRZIK, G. Naïve inductivism as a methodology in science. **Philosophy, science, education and culture.** Springer, Netherlands, 2005. cap. 7.

NUNES, M. F. **Metodologias de ensino:** As ciências como formas de pensar o mundo. 1992. 115 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992. Disponível em <http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/14727194.html> Acesso em: 05 dez. 2008.

O'MALLEY, M. A. Exploratory experimentation and scientific practice: metagenomics and the proteorhodopsin case. **History and Philosophy of the Life Sciences**, 29 (3): 335-358 (preprint). Disponível em: <http://philsci-archive.pitt.edu/3985/1/EE_proteorhodopsin_preprint.pdf> Acesso em: 22 set. 2010.

PAVÃO, A. C.; LEITÃO, A. **Hands-on? Minds-on? Hearts-on? Social-on? Explainers-on!** Espaço Ciência, Olinda, 2007. Disponível em <<http://espacociencia.pe.gov.br>> Acesso em: 30 mai. 2010.

PACHECO, D. A experimentação no ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, Campinas, n.2, p.10, 1997. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/12/18>> Acesso em: 04 set. 2006.

PEACOCK, A. **Science skills:** a problem solving activities book. Londres: Routledge, 2005. 126 p.

PEREIRA, M. C. V. **Efeito Branly** (Branly's coherer). Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. Relatório Final – Instrumentação para o Ensino. 2006. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2006/MarthaC_Tamashiro_RF1.pdf> Acesso em: 27 mai. 2010.

PERRENOUD, P. Construir competências é virar as costas aos saberes ? **Pátio Revista Pedagógica**, Porto Alegre, n.11, p.15-19, 1999a.

_____. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre : Artmed, 1999b.

PESA, M. A. **Investigando a Luz e a Percepção da Cor**. 2006. Palestra realizada no Departamento de Física do IF da UFRGS em 19 jul. 2006.

Physica. Por uma reunião de professores. Noções de ciencias physics e naturaes. Rio de Janeiro: Livraria Paulo de Azevedo, 1921.

POINCARÉ, H. As relações entre a física experimental e a física matemática. In: _____. **Ensaio fundamentais**. Rio de Janeiro: Contraponto: PUC Rio, 2008. p. 223-254.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v.8, n.2, p.253-262, 2002. Disponível em: <<http://www2.ufpa.br/ensinofts/artigo4/experienciaciencia.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2010.

QUEIROZ, G. R. P. C.; BARBOSA-LIMA, M. C. A. Conhecimento científico, seu ensino e aprendizagem: atualidade do construtivismo. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 273-291, 2007. Disponível em: <http://nutes2.nutes.ufrj.br/interage_novo/download2.php?file=../arquivos/sitprob/CP/_T0090-1.pdf> Acesso em: 4 dez. 2008.

RADDER, H. **The philosophy of scientific experimentation**. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2003.

REINER, M. The context of thought experiments in physics learning. **Interchange**, New York, v. 37/1-2, p. 97-113, 2006. Disponível em:

<<http://www.springerlink.com/content/r88g3lk512m73284/>> Acesso em: 18 fev. 2010.

ROCHA, J. F. M. (Org.). Origem e evolução do eletromagnetismo. In: _____. **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002. cap. 3, p. 257-259.

SANTOS, M. E. Da observação participante a pesquisa-ação: uma comparação epistemológica para estudos em administração. V ENCONTRO DE PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO DA FACEF, 2004, Franca. **Anais...** Franca: FACEF, 2004, v.1. Disponível em: <www.angelfire.com/ms/tecnologia/pessoal/facef_pesq.pdf> Acesso em: 05 set. 2010.

SARTORI, P. H. S.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. **Radiações, moléculas e genes**: Atividades didático-experimentais. Ribeirão Preto: SBG – Sociedade Brasileira de Genética. 2008.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, a. 11, n. 55, jul./set. 1992. Disponível em: <<http://www.rbep.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/viewFile/816/734>> Acesso em: 07 set. 2010.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O Papel da experimentação no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.20, n.1, p. 30-42, 2003. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6560/6046>> Acesso em: 13 fev. 2009.

SOARES, E. M. S.; RIBEIRO, L. B. M. **Avaliação formativa**: um desafio para o professor. XXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2001/trabalhos/APP016.pdf>> Acesso em: 14 mai. 2011.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v.14(1), p.50-74, 2009.

TRISTÃO, G. Fábrica de mentes brilhantes. In: IMPRENSA. Natal: Instituto Internacional de Neurociências de Natal. Não paginado. Disponível em:

<www.natalneuro.org.br/imprensa/pdf/2007_08_sermedico.pdf> Acesso em: 16 abr. 2012.

TRIVELLATO, J. et al. **Ciências, natureza e cotidiano**: ciências, criatividade, pesquisa, conhecimento. São Paulo: FTD. Manual do Professor. 8ª série. 9º ano. 2006.

TRUMPER, R. What do we expect from students' physics laboratory experiments? **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 11, n. 3, p. 221, sep. 2002. Disponível em: <www.jstor.org/discover/10.2307/40186545?uid=3737664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21101028518123> Acesso em: 18 fev. 2010.

TURATO, E. R. Métodos qualitativos e quantitativos na área da saúde: definições, diferenças e seus objetivos de pesquisa. **Revista Saúde Pública**. São Paulo, v. 39, p. 507-514.

VIANNA, D. M.; CARVALHO, A. M. P. Formação permanente: a necessidade da interação entre a ciência dos cientistas e a ciência da sala de aula. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 1, p. 31, 2000. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/ciedu/v6n1/04.pdf> Acesso em: 5 dez. 2008.

VIVAR, A. M. **Ondas elétricas II**: producir y detectar ondas hertzianas con recursos sencillos. 2009. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=7YV6bj0cI8&feature=player_embedded> Acesso em: 23 fev. 2010.

WILSEK, M. A. G.; TOSIN, J. A. P. Ensinar e aprender ciências no ensino fundamental com atividades investigativas através da resolução de problemas. Portal Educacional do Estado do Paraná. 2009. Não paginado. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1686-8.pdf?PHPSESSID=2010010708155290>> Acesso em: 03 fev. 2010.

Anexo A

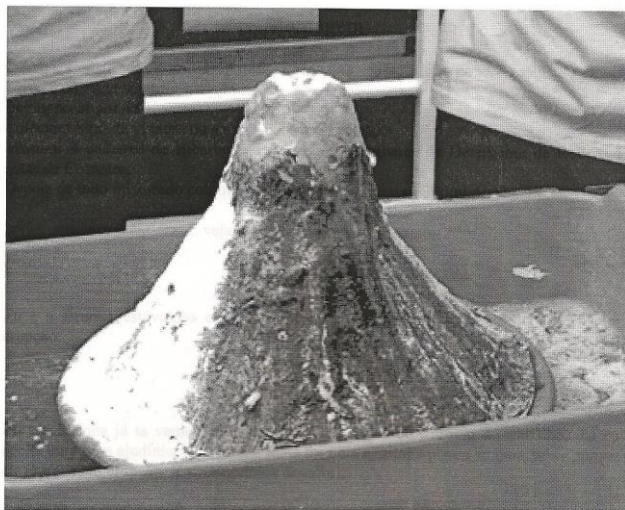
Relatórios dos Experimentos Livres Não Apresentados

Grupo 1: Alunos A – 04, A – 05.

E.M.E.F. Prof. Larry José Ribeiro Alves

Trabalho de Ciências

Vulcão



Materiais Utilizados

Um Pote de Plástico, Uma Garrafa de 600ml, Um Tijolo de Argila, Bicarbonato de Sódio, Vinagre, Detergente Para Roupa, Corantes (cor a escolher).

Montagem

Cobrir a Garrafa com a Argila como se fosse um cone, na Base mais Largo e na Parte superior mais Fina.

Deixar secar por 48 Horas.

Colocar 300ml de vinagre na garrafa dentro do vulcão.

Misturar 4 colheres de Bicarbonato de sódio, 2 Colheres de Detergente de Roupa, 4 gotas de Corantes,

Depois de tudo misturado coloque dentro do vulcão com os 300ml de vinagre.

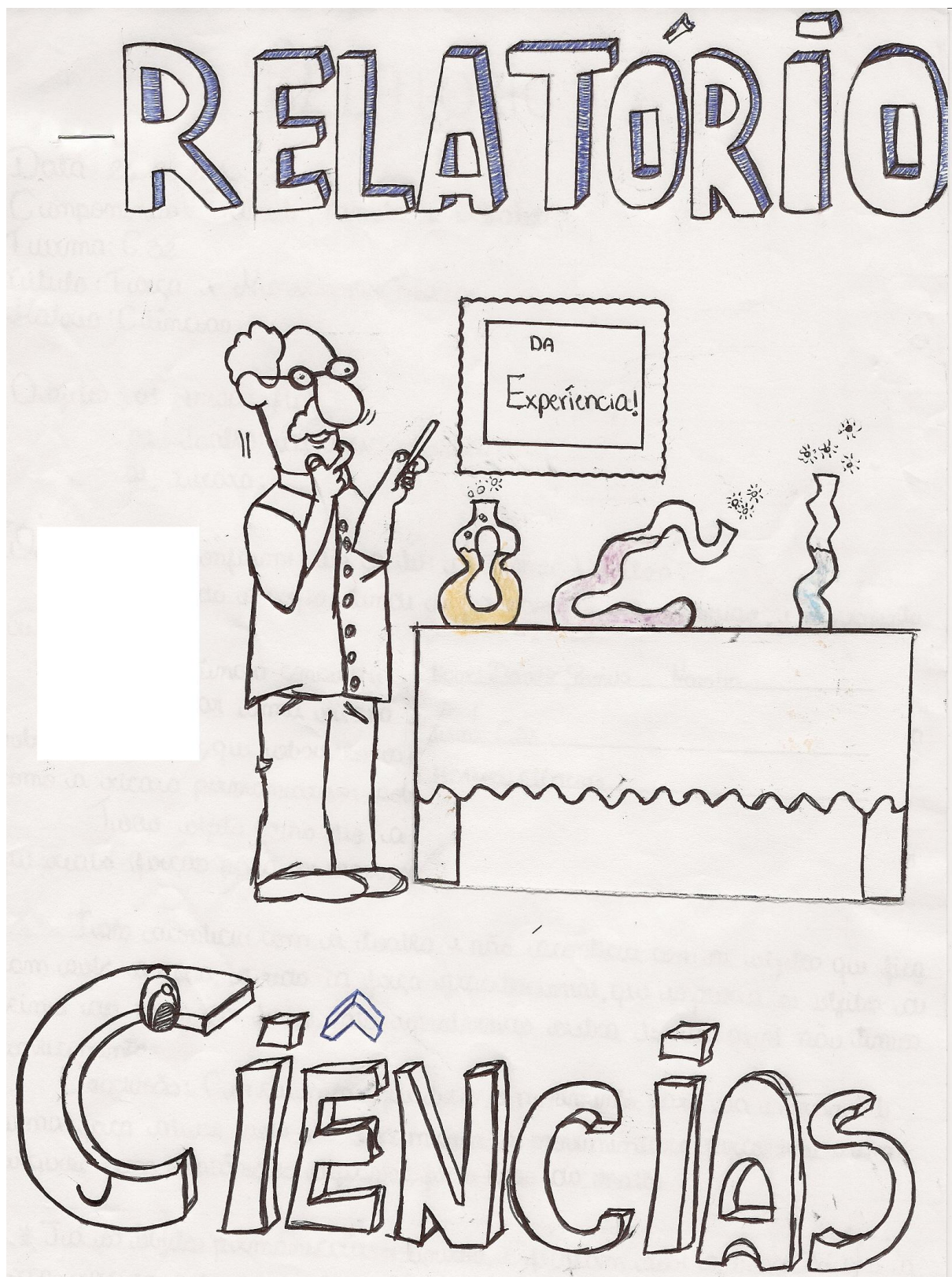
E veja o que acontece você mesmo.

Dificuldades

Eu e [] estávamos com dificuldades de saber porque o vulcão entrava em erupção.

Soluções

Eu e [] já ta vamos com essa dificuldade dès de o inicio do trabalho, daí eu apelei para uma ajudinha da internet, mais foi uma ajudinha pouca só para saber porque ele entrava em erupção. E conseguimos descobrir.



Turma: C32

Título: Força e Movimentos Físicos

Matéria: Ciências

Objetos: 01 mesa: fixa

01 tábua: de tábua quadrada

01 xicara:

Observação = conforme, diz a lei: de Isaac Newton.

1º Lei = Todo os corpos tendem a permanecer em repouso, e movimento retilíneo.

Nossa experiência consistiu em:

1º Colocar uma xícara e alguns objetos, em cima de uma mesa sobre uma tábua, que observamos ao puxar a tábua, que os objetos assim como a xícara permaneceram sobre a mesa.

Tudo objeto como diz a lei tendem a permanecer inerte e não ser que reciba forças para se movimentar.

Isto aconteceu com a tábua e não aconteceu com os objetos que ficaram sobre a mesa, devido a força gravitacional, que empurra os objetos de cima da mesa para baixo, isto envolvendo outra lei da qual não temos conhecimento:

Conclusão: Concluímos que todo os movimento partem da inércia. Até uma força atuar sobre ela, e a mesma se movimentará, percorrendo um percurso com distâncias diferentes, foi o caso da tábua.

* Já os objetos permaneceram inerte, e ficaram sobre a mesa. Já que a força, atua sobre os objetos era maior. Empurrando os objetos para baixo.

Grupo 5: Alunos A - 16, A - 25 (Experimentos 2).

2.^ª experiência: Temos um sistema elétrico, onde temos uma lâmpada ligada com um cobre onde temos uma bacia com água e mais fio de cobre ligado a tomada, nós temos uma lâmpada e seu ponto de contato, que quando encostamos o prego e o clipe (que estão nas pontas dos fios) acende a lâmpada. Também temos um copo com água e sal, a condução se faz através da água com sal que passa a ser condutora. O sal é metálico e a água pura a ligação de condução.

Anexo B

Relatórios do Experimento sobre Luminescência da Clorofila

Aluno A - 03.

—> MATERIAL USADO
—> DESCRIÇÃO DAS ETAPAS
—> FENÔMENO OBSERVADO
—> HIPÓTESE (EXPLICAÇÃO DO QUE ACONTECEU)
<p><u>Material usado</u></p> <p>5 folhas, um filtro de café, 2 pilhas, 1 led, copo de Becker de 250 ml, copo de Becker de 100 ml, fios condutores e álcool.</p>
<p><u>Descrição das etapas</u></p> <p>Primeiro picamos as folhas no copo de 100 ml colocamos um pouco de álcool e amasamos até resolver seu líquido, depois colocamos o líquido no copo de Becker de 250ml com um filtro para as folhas não passem. Pegamos o porta pilhas com o fio condutor e o led, o professor apagou as luzes quando passamos o líquido para um copo menor.</p>
<p><u>Fenômeno observado</u></p> <p>Quando o líquido ficou no copo observamos que o led com sua luz roxa deixava o líquido rosa.</p>
<p><u>Hipótese (explicação do que aconteceu)</u></p> <p>Eu não sei o que aconteceu mais acho que as duas se misturaram e ficou rosa.</p>

Relatório de Experimento

- * Sumamos copo de becker, fios conectores, frasco de plástico, porta pilhas, filtro, bastão de vidro.
- * Nós picamos 5 folhas dentro de um copo de becker 100 ml e amassamos com o bastão de vidro até sair um líquido verde, colocamos um pouco de álcool e esmagamos. Depois colocamos um filtro de café em outro copo de becker de 200ml, e despejamos o líquido com as folhas dentro do copo de becker (200ml). Depois colocamos 2 pilhas nos porta pilhas conectamos os fios nos fios conectores, colocamos o led e acendeu uma luz lilás, apagamos a luz e aproximamos o led aceso do líquido e ele ficou rosa.
- * Com o led aproximado do líquido, ele ficou rosa.
- * Ao apagar a luz a luz lilás se aproximou do líquido verde ficou rosa.

Aluno A - 06.

Relatório de Experiência

Material usado → Foi usado álcool, folhas de árvore e um copo de Becker de 250 ml, e outro de 100 ml, um filtro de café, 2 pilhas um led, e um bastão de vidro e fios condutores.

Descrição das etapas → primeiro picamos as folhas no copo de becker de 100 ml. Depois cobramos álcool, e amaçamos com o bastão de vidro, depois coamos no papel filtro para o copo de 250 ml.

Ligamos o led no fio condutores nas pilhas que acendeu o led, Botamos um liquido verde num copo pequeno, apagamos a luz e botamos o led perto do copo, e o liquido ficou vermelho.

Fenômeno observado → No escuro com o led aceso perto do, copo o liquido que era verde ficou vermelho.

Hipótese (Explicação do que aconteceu → Não sei o que aconteceu, mais acho que a cor do liquido e a cor do led meio que misturando, e deu a impressão do liquido estar vermelho.

MATERIAL USADO →	
Folhas de árvore	Fios condutores
Papel filtro	Bastão de vidro
2 Copos de Becker { 200 e 100 ml }	Alcool
4 Pilhas	Frasco de Plástico
Porta pilhas	
Led	
DESCRIÇÃO DAS ETAPAS →	
* Primeiro: picamos as folhas nos copos de Becker de 100ml	
* Segundo: esmagamos as folhas no copo.	
* Terceiro: Colocamos alcool no copo com as folhas e esmagamos.	
* Quarto: Filtramos e colocamos no frasco de plástico.	
* Cinco: Usamos as pilhas, ligamos e Led e	
* Seis: Como o Led ligado aproximamos do liquido verde.	
* Sete: tomamos a água.	
FENOMENO OBSERVADO →	
Quando aproximamos o led, vimos que o liquido verde ficou vermelho parecendo sangue.	
HIPÓTESE:	
Na minha opinião o liquido mudou de cor por causa do led, eu acho que a força do luz do led mostrou alguma substância na clorofila (liquido verde) que não podemos ver a olho nu, e o led nos ajuda a ver.	

Aluno A - 09.

Relatório do Experimento	
→	Material usado
	5 Folhas
	1 Papel Filtro
	1 Copo de Becker 250ml
	1 copo de Becker 100ml
	Alcool.
	1 Frasco plastico
	1 porta pilhas
	4 pilhas
	1 led
	Fios condutores
	1 bastão de vidro
→	Descrição das etapas.
	Primeiro picamos as folhas e botamos no copo de becker 100ml e depois usando um bastão ^{de vidro} e botando um pouca de alcool esmagamos a folha e depois adicionamos mais alcool e esmagamos ^{de novo} e usando um copo de becker de 250ml e um papel filtro, filtramos o liquido e depois despejamos o liquido no frasco e ligamos o led usando o porta pilhas, 4 pilhas e fios condutores acendemos o led, e aproximamos do liquido.
→	Fenômeno observado
	Após desligarmos as luzes, aproximamos o led aceso e observamos, aconteceu que o liquido era verde e com a luz do led litás o liquido mudou de cor de verde passou a vermelha.
→	Hipótese (explicação do que aconteceu)
	Eu acho que por causa do led o liquido mudou de cor, por causa que a força da luz do led mostrou alguma substância na clorofila (liquido verde) que não podemos ver a olho nu, e o led nos ajuda a ver.

RELATÓRIO DO EXPERIMENTO

* Nesta experiência usamos os seguintes materiais: pilhas, led, folhas de azeite, álcool, copo de beber, bastão de vidro, filtro de café, copo de beber com capacidade de 250 ml, copo de beber com capacidade de 100 ml, porta pilhas, jacarés, fios conectores

* Colocamos 5 folhas de azeite picadas no copo de beber com capacidade de 100 ml, colocamos álcool e amassamos com o bastão de vidro, logo depois o líquido ficou verde, colocamos um filtro de café no copo de beber com capacidade de 250 ml e despejamos o líquido verde e as folhas picadas coando o líquido e as separando das folhas. Depois o líquido foi colocado no frasco de plástico. Depois o líquido de lado e montamos um circuito, colocando pilhas no porta pilhas que tinha dois jacarés na ponta, conectamos os jacarés nos fios conectores, o led no seu devido lugar, logo o led acendeu uma luz violeta.

* Apagadas as luzes colocamos o led o lado do recipiente com a clarofila das folhas e o frasco com o líquido mudou de cor ficando rosa.

* Depois que a luz foi apagada as cores foram se misturando e acabou ficando cor de rosa.

Aluno A - 17.

1- PAPEL FILTRO
1- COPO DE BECKER DE 250 ml
1- COPO DE BECKER DE 100 ml
1- 5 FOLHAS
1- ALCOOL
1- UM PORTA PILHA
1- 4 PILHAS
1- LED
1- FIOS CONDUTORES
1- BASTÃO DE VIDRO
1- FRASCO PLÁSTICO
DESCRIÇÃO DAS ETAPAS
PRIMEIRO PICAMOS 5 FOLHAS E COLOCAMOS DENTRO DE UM COPO DE BECKER DE 100 ml, DEPOIS COLOCAMOS ALCOOL, E USAMOS O BASTÃO DE VIDRO PARA EXPREMER AS FOLHAS.
DEPOIS FILTRAMOS O LÍQUIDO DENTRO DO COPO DE BECKER, E COLOCAMOS O LÍQUIDO DENTRO DO FRASCO DE PLÁSTICO, DEPOIS APROXIMAMOS O LED DO LÍQUIDO...
FENÔMENO
O FENÔMENO OBSERVADO FOI QUANDO NÓS APROXIMAMOS O LED DO LÍQUIDO E FICOU ROSA O LÍQUIDO.
HIPÓTESE
NA MINHA OPINIÃO O LÍQUIDO MUDOU DE COR POR CAUSA DO LED, OU PORQUE A LUZ DO LED

Relatório do Experimento

→ Material usado

Copo de Becker 250 ml, fios condutores
Frasco de plástico, jecoró
Alca, LED
Bastão de vidro, fios conectores
Folhas
Copo de Becker 100 ml
Filtro de café
Ponte pilhas

→ Descrição dos Etapas

Bom mas começamos a cortar 5 folhas e começamos a montar um copo de Becker com o bastão de vidro e colocamos o álcool e depois nós colocamos um filtro no outro copo de Becker 250ml e jogamos os cluzes e tiramos o líquido do copo de Becker para o frasco plástico e aproximamos o LED do líquido que ficou verde.

→ Fenômeno observado

Bom os fenômenos aconteceu que quando jogamos os cluzes e se aproximamos o LED do líquido verde que ficou verde.

→ Hipótese (explicação do que aconteceu)

Bom hipótese que a clorofila misturada com os pigmentos deu uma cor diferente.

Aluno A - 19.

RELATÓRIO DO EXPERIMENTO

→ materiais usados:

folhas, álcool, copo de bequeri, filtro, bastão de vidro, pilhas, porta pilhas, fios condutores, led, frasco de plástico.

→ descrição das etapas

Primeiro picamos 5 folhas grandes no copo de bequeri de 500 ml's. Depois colocamos o álcool e amassamos as folhas até o álcool ficar verde. Após isso, colocamos o líquido verde em um filtro e colocamos as folhas do líquido em um bequeri de 200 ml's. Depois nós colocamos em um frasco de plástico todo o líquido verde. Mantivemos os fios condutores com o porta pilhas, com o led e as pilhas e com isso ligou uma luz roxa. Apagamos as luzes e aproximamos a luz roxa no líquido verde, e com isso o líquido verde ficou rosa.

→ fenômenos observado

Quando aproximamos a luz roxa no frasco com o líquido verde, o líquido ficou rosa.

→ hipótese (explicação do que aconteceu) com a mistura de cores, verde + roxo, e também por causa da clorofila verde com o contato da luz do led que é roxa, logo = rosa!

Preparatório do Experimento		/	/
Material	Usado		
Copos de 100ml	Becker de 250 ml		
frasco de vidro	Plástico		
bastão	porta pilhas e fios condutores com jacaras nas pontas		
	fios conectores		
	pilhas e um L.E.D.		
Descrição das etapas			
<p>Primeiramente amacamos as folhas com álcool no frasco plástico e colocamos o recipiente para o copo de becker de 250ml filtrando o líquido verde montamos o circuito para ligar o L.E.D. Alargamos as luzes e aproximamos o líquido filtrado a luz fazendo a sua cor esverdeada ficar rosa.</p>			
Fenômeno observado			
A mudança de cor do líquido			
Hipótese (explicação do que aconteceu)			
Por causa da mistura das cores ao alargar as luzes o líquido mudou de cor.			

Apêndice A

Autorização Institucional – Documento de Solicitação

Instituição: Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof. Larry José
Ribeiro Alves.

Município: Porto Alegre – RS.

Diretor: Carlos Henrique de Oliveira Aigner

Ao Senhor Carlos Henrique de Oliveira Aigner
Diretor da E.M.E.F. Larry José Ribeiro Alves

Apraz cumprimentar-lhe e, na oportunidade, solicito a Vossa Senhoria uma Autorização Institucional, permitindo a aplicação do Projeto de Pesquisa: O Processo de Experimentação promovendo Aprendizagens e Competências Científicas, a ser realizado com os(as) alunos(as) do 3º ano do 3º ciclo do ensino fundamental desta escola. De acordo com a Res. CNS 196/96, "toda pesquisa envolvendo seres humanos deverá ser submetida à apreciação de um Comitê de Ética em Pesquisa" e esta autorização é um dos documentos necessários para aprovação do referido projeto junto ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Maria, instituição de ensino a qual estou vinculado como aluno do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências.

Esclareço que o desenvolvimento do projeto ocorrerá sob minha total responsabilidade, não havendo quaisquer encargos ou prejuízos para a escola e os(as) alunos(as). O registro desta pesquisa está em tramitação junto ao Comitê de Ética de referência do Sistema Nacional de Informação sobre Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos - SISNEP.

Em anexo, para vossa apreciação e alteração no que julgar pertinente, seguem os modelos:

- da **Autorização Institucional** (que deverá ser impressa em papel timbrado da escola e conter, obrigatoriamente, o carimbo e a assinatura do responsável pela instituição). No CD encontra-se a versão digitalizada deste documento para facilitar as alterações e a impressão;
- do **Termo de Confidencialidade**;
- do **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**.

Fico a disposição para o esclarecimento de qualquer dúvida e fornecimento de maiores informações. Desde já agradeço pela atenção e colaboração.

Atenciosamente,

Paulo Henrique dos Santos Sartori

Porto Alegre, 01 de Março de 2010.

Apêndice B

Projeto de Pesquisa

Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – UFSM

Título: O Processo de Experimentação promovendo Aprendizagens e Competências Científicas.

Número do processo: 23081.011604/2010-12

CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética):

0196.0.243.000-10

Pesquisador Responsável: Elgion Lucio Loreto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde

O PROCESSO DE EXPERIMENTAÇÃO
PROMOVENDO APRENDIZAGENS E
COMPETÊNCIAS CIENTÍFICAS

Pesquisador Responsável:
Élgion Lúcio da Silva Loreto

Santa Maria, 31 de Julho de 2010.

Sumário

Resumo

1. Introdução e Revisão da Literatura

2. Justificativa

3. Objetivos

4. Métodos

4.1. Desenho do Estudo

4.2. Amostra/População Alvo

4.3. Critérios de Inclusão e Exclusão

4.4. Análise Estatística

4.5. Aspectos Éticos

5. Orçamento e Fonte(s) de Financiamento

6. Cronograma

7. Referências Bibliográficas

8. Apêndices

8.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

8.2. Termo de Confidencialidade

8.3. Instrumento de Coleta de Dados

Resumo

Este projeto de pesquisa busca constatar o potencial em explorar alguns experimentos próprios e outros já existentes para o nível de ensino fundamental, onde o aluno está imerso no ambiente da ciência “unificada”, a fim de promover conceitos e competências científicas apropriados, valorizando uma visão mais integrada dos fenômenos científicos.

A melhoria da qualidade da educação científica nesse nível de ensino, tendo em vista o estado atual de precariedade de conhecimentos e capacidades nessa área, é a fonte motivadora para a aplicação do projeto.

Verificar se a prática de atividades experimentais pelos alunos constitui uma metodologia eficaz na promoção de aprendizagens significativas e competências científicas pertinentes, constitui o mote desta investigação.

Os alunos serão estimulados a construir os próprios instrumentos e equipamentos que utilizarão e a elaborar, montar e executar os experimentos. Também produzirão relatórios e responderão questionários para subsidiar as análises que serão realizadas.

1. Introdução e Revisão da Literatura

Inúmeros trabalhos e pesquisas têm apontado um bom resultado em termos cognitivos na aplicação de atividades práticas quando realizadas pelos próprios alunos. Atividades práticas do tipo experimentação, “mão na massa” e interativas, em grande parte, ancoradas na idéia do saber-fazer, tentam afirmar e manter seu espaço dentro do ambiente escolar. Tarefa que de modo algum é fácil devido aos inúmeros percalços físicos, operacionais e epistemológicos que enfrentam.

A disseminação de inúmeros laboratórios de informática nas escolas – o que é louvável e necessário – tem levado a um abandono ainda maior dos laboratórios de ciências. E o esperado seria uma integração das novas tecnologias com as atividades experimentais. Apesar de não relacional, parece haver uma “substituição”, talvez devido à comodidade e/ou adequação ao ambiente mais “moderno”. Quando não são subutilizados, os laboratórios acabam virando depósitos ou sendo desativados para “ceder

espaço” para salas de aula ou outros ambientes de aprendizagem em moda. A falta de apoio operacional (manutenção, pessoal de apoio) agrava a situação. Não se apregoa aqui que as atividades experimentais devam ser realizadas exclusivamente no laboratório, porém o ambiente mais adequado e propício para o desenvolvimento destas atividades é o laboratório. E a conquista histórica deste espaço não foi nada fácil, mas a sua perda, com certeza, será irreparável. Com essa diminuição e/ou desaparecimento dos espaços típicos para trabalhar com ciência há, por efeito “dominó”, um decréscimo na quantidade e qualidade de aulas práticas e de atividades experimentais.

Estatisticamente, alguns estudos apontam que o aumento da quantidade de aulas práticas e/ou experimentais não significa, necessariamente, um incremento da compreensão de conceitos ou habilidades científicas. Ressalta-se, nestes mesmos estudos, que há uma necessidade crescente da melhoria na qualidade e no modo como são implementadas. Há que considerar, no entanto, quais seriam as consequências de uma diminuição ou ausência destas atividades.

O trabalho de McKee et al (2007) relata que pesquisas correntes indicam que, devido à indisponibilidade de tempo e de recursos, a execução dos tipos mais recomendados de atividades de laboratório – as que exercitem habilidades cognitivas de alta ordem, tais como atividades de laboratório investigativas – está continuamente diminuindo. Os autores elaboraram uma atividade de demonstração que permitisse aos estudantes fazer observações ao invés de fazê-las por meio de práticas de laboratório, ou seja, os procedimentos práticos de uma atividade investigativa de laboratório foram substituídos por uma atividade demonstrativa com instruções desses mesmos procedimentos. Uma significativa diferença foi encontrada na compreensão conceitual dos estudantes antes e depois do experimento, indicando que, tanto os estudantes que realizaram experimentos de laboratório, como os que visualizaram a demonstração em laboratório, tiveram um crescimento na compreensão conceitual. Contudo, nenhuma diferença significativa entre os dois grupos foi encontrada na compreensão conceitual após o experimento, indicando que os estudantes aprenderam

aproximadamente o mesmo de ambos os métodos e que a demonstração em laboratório pelo menos não prejudica aos estudantes conceitualmente.

Uma das principais causas da ineficácia das atividades experimentais, de acordo com Domin (1999, apud SUART e MARCONDES, 2009) é que os estudantes dispendem muito tempo determinando se o resultado obtido é ou não correto em detrimento ao planejamento e organização dos experimentos. Nesses procedimentos jazem inúmeras competências e saberes que, por não terem sido formados, impedirão a compreensão dos conhecimentos envolvidos e até mesmo a condução e execução do experimento.

Acreditamos que uma estratégia que possa promover, de maneira eficaz, o desenvolvimento de aprendizagens significativas e competências científicas pertinentes, é o de valorizar cada etapa do processo de experimentação. Explorando e maximizando todo o potencial de fazer os envolvidos relacionar a todo o instante quais saberes devem ser aplicados, relacioná-los, verificar a pertinência e adequação, tomar decisões, investigar por que funcionou ou não funcionou, analisar as formas e tipos de materiais empregados, etc.

As atividades experimentais que permitem a realização de investigações se aproximam dos pressupostos de uma educação pela pesquisa defendida por Moraes (2004):

A educação pela pesquisa constitui-se em forma de socialização e construção da autonomia dos sujeitos envolvidos, garantindo-lhes um domínio qualitativo do instrumental da ciência, numa preparação para intervenções transformadoras nas realidades em que se inserem.

Conforme aponta Perrenoud (1999) a promoção de competências, ao contrário do que pensam os céticos, não ocorre com o comprometimento dos saberes. Apesar do desenvolvimento de competências exigir maior tempo devido ao envolvimento necessário, o que talvez prejudique a quantidade de conhecimentos, deve ficar claro que a maioria das competências mobiliza saberes, isto é, constitui fonte promotora de saberes não só tradicionais, disciplinares e formais, como correlatos, interdisciplinares e informais. Uma competência permite confrontar, regular e adequadamente, um grupo de

tarefas e de situações, apelando para noções, conhecimentos, informações, procedimentos, métodos, técnicas ou ainda a outras competências mais específicas.

Para Le Boterf (1994, apud PERRENOUD, 1999) a competência é comparada a um “saber-mobilizar”:

Possuir conhecimentos ou capacidades não significa ser competente. Pode-se conhecer técnicas ou regras de gestão contábil e não saber aplicá-las no momento oportuno. Pode-se conhecer o direito comercial e redigir contratos mal escritos.

Todos os dias, a experiência mostra que pessoas que possuem conhecimentos ou capacidades não sabem mobilizá-los de modo pertinente e no momento oportuno, em uma situação de trabalho. A atualização daquilo que se sabe em um contexto singular (marcado por relações de trabalho, por uma cultura institucional, por eventualidades, imposições temporais, recursos...) é reveladora da “passagem” à competência. Esta realiza-se na ação.

Alguns pesquisadores focam suas análises, apenas e exclusivamente, nos resultados finais obtidos, desprezando o exame do que acontece durante o processo. Esquecem ou não se dão conta de que nas diversas etapas de desenvolvimento da experimentação, ou seja, no decorrer dos procedimentos, há uma riqueza incrível de conhecimentos que são mobilizados, contrastados, usados em tomadas de decisões e, paralelamente, há uma construção efetiva de habilidades e competências relacionadas ao fazer científico. Muitas destas capacidades são produzidas dentro de um “campo invisível” de interação dinâmica estabelecido entre sujeito e objeto e, por isso mesmo, difíceis de detectar e avaliar.

As frequentes críticas ao trabalho com experimentos, tais como: aspecto motivador ligado ao estético (cores, barulhos, luzes) que a rigor desvia a atenção do foco principal de investigação; habilidades de simples observação e manuseio de instrumentos e equipamentos; estrutura tipo “receita de bolo”; transmissão equivocada acerca da natureza da ciência através da profusão de um empirismo ingênuo; etc vem gerando uma preocupação e um cuidado na elaboração de novas proposições que buscam as características desejáveis para as atividades experimentais, como a de ser flexível e adaptar-se ao nível psico-sócio-cognitivo do aluno; ser acompanhada de uma reflexão crítica; oportunizar liberdade para os alunos testarem suas hipóteses em práticas com caráter investigativo; não serem

desenvolvidas como ponto de partida, mas em decorrência de uma problematização; permitam discussão e interpretação dos dados obtidos (GONÇALVES e MARQUES, 2006; AMARAL, 1997 apud AGOSTINI e DELIZOICOV, 2009).

Esse embate nos remete ao modo como são utilizados e conduzidos os recursos pedagógicos. Tais deméritos e qualidades seriam compatíveis a qualquer outra estratégia didática. Se substituirmos o termo experimentação ou atividades experimentais por atividades no computador ou aulas expositivas, veremos que a maioria das críticas apontadas continuaria pertinente.

Ainda que admitida a pertinência de boa parte destas críticas e que reavaliar criticamente qualquer prática pedagógica é fundamental ao trabalho desenvolvido pelo professor, é preciso ponderar que a experimentação é um atributo inerente às ciências naturais, quer seja considerada no âmbito estritamente científico ou no escolar. Ou seja, é próprio delas, sendo inconcebível sua não manifestação. Mesmo isto sendo um consenso, tal qual sua importância, vale ressaltar que esta propriedade tem caráter de identidade. É certamente possível e praticável, por questões de abordagem, separar os estudos teóricos dos experimentais nas ciências da natureza, singularizando aspectos próprios. Porém, apesar do *continuum* que constituem estes estudos, não havendo aqui nenhuma relação de hierarquia, a essência concreta, palpável e realizável das ciências naturais é coincidente com a experimentação.

Com a facilidade de acesso e a variedade de materiais eletro-eletrônicos e apetrechos de baixo custo disponíveis no mercado ou encontrados até na sucata doméstica, uma quantidade muito grande de projetos criativos e de qualidade podem ser implementados em sala de aula e/ou no laboratório e explorados em suas diferentes potencialidades. Este projeto busca adaptar algumas ideias próprias e outras já existentes para o nível de ensino fundamental onde o aluno está imerso no ambiente da ciência “unificada” no qual podem ser explorados conceitos interdisciplinares e uma visão científica mais integrada dos fenômenos.

2. Justificativa

Este projeto de pesquisa justifica-se pela busca da melhoria da qualidade da educação científica em nível de ensino fundamental, tendo em vista a precariedade do nível de conhecimentos e competências nesta área. Os resultados obtidos por alunos brasileiros em testes internacionais são muito abaixo do esperado, ocupando as últimas posições. Mesmo considerando que tais avaliações não estejam adequadas ao contexto brasileiro e só enfoquem o produto final, constituem um indicativo preocupante da eficiência da formação educacional neste nível.

A relevância de uma boa aprendizagem científica, bem como de saber reconhecer e aplicar os conhecimentos científicos, é determinante tanto para a continuidade da formação escolar quanto para aqueles que concluirão apenas o ensino fundamental. É neste patamar de educação que se estruturam as bases dos saberes e capacidades mínimas para compreensão de assuntos futuros e/ou mais complexos ou mesmo do mínimo necessário para o exercício de uma cidadania digna.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

Verificar se a prática de atividades experimentais por alunos do ensino fundamental constitui uma metodologia eficaz na promoção de aprendizagens significativas e competências científicas pertinentes. Caracterizar o envolvimento e as relações manifestadas pelos estudantes ao participarem efetivamente de cada etapa do processo de experimentação.

3.2. Objetivos Específicos

Obter informações e subsídios que permitam identificar elementos de formação e desenvolvimento de:

- aptidão para o reconhecimento dos principais elementos e variáveis envolvidos nos fenômenos estudados;
- capacidade de interpretação, discernimento, argumentação e tomada de decisões;
- proposição de soluções para os problemas e dificuldades que surgirem;

- avaliação dos materiais utilizados, suas características e propriedades, bem como suas relações de pertinência com o experimento;
- elaboração de hipóteses;
- ordenação de eventos e encadeamento lógico de estruturas e operações nas montagens;
- de autonomia;
- de aspectos críticos e criativos.

4. Métodos

4.1. Desenho do Estudo

A pesquisa se desenvolverá seguindo etapas e protocolos de observação e descrição das atividades realizadas pelos alunos e análise dos resultados obtidos em pré-testes e pós-testes. Os alunos serão estimulados a construir os próprios instrumentos e equipamentos e a montar e executar os experimentos.

A verificação e o registro de indícios do desenvolvimento de habilidades e competências durante a aplicação do projeto e nos resultados obtidos serão feitos de forma sistemática.

4.2. Amostra/População Alvo

Os vinte e seis (26) alunos convidados a participar da aplicação do projeto estão frequentando regularmente o 3º ano do 3º ciclo (equivalente ao 9º ano) do ensino fundamental, turma C32, da Escola Municipal Larry José Ribeiro Alves do município de Porto Alegre, localizada no bairro Restinga. A média de idade é de quatorze (14) anos e pertencem a famílias de classe média baixa e baixa da comunidade local. Há doze (12) meninos e quatorze (14) meninas.

Esta turma foi escolhida em função de apresentarem, comparativamente às demais turmas, um bom perfil de organização e concentração, para realização das atividades práticas propostas.

4.3. Critérios de Inclusão e Exclusão

Todos os alunos(as) que assinarem solidariamente com os pais ou responsáveis a autorização concordando em participarem da pesquisa estarão automaticamente incluídos na pesquisa.

Estarão excluídos(as) da pesquisa os alunos(as) que não responderem de maneira adequada com respostas válidas, ou seja, não estejam de acordo com o propósito das questões e/ou relatórios, e/ou se desviem dos assuntos abordados. Também estarão eliminados(as) se não participarem das atividades oferecidas.

4.4. Análise Estatística

Não há nenhuma análise estatística específica para ser implementada tendo em vista que os dados obtidos serão analisados pela qualidade da produção, aspectos relacionais envolvidos, pela presença ou não de elementos característicos do conhecimento científico pertinente à situação e pela formação ou não de competências e habilidades conexas.

Busca-se evidências contidas nas atitudes, textos produzidos pelos estudantes no transcorrer das atividades propostas e que sejam compatíveis com as esperadas competências e aprendizagens. A detecção da presença e de indícios de formação destas características poderá ser quantificada e comparada no conjunto de alunos, em valores brutos e percentuais.

Os métodos de análise dos dados, em se tratando de informações subjetivas de valor qualitativo, mesclarão componentes da análise textual, da observação dirigida, da investigação participativa e da análise interpretativa.

4.5. Aspectos Éticos

4.5.1. Procedimentos de Abordagem do Sujeito da Pesquisa

Inicialmente os alunos(as) serão amplamente esclarecidos a respeito do projeto e de suas participações. Serão estimulados a participar ativamente das propostas de trabalho e atividades sugeridas, bem como, a explanar suas impressões em cada etapa. Tais abordagens serão feitas

pessoalmente pelo próprio pesquisador responsável de forma oral e escrita, orientando e supervisionando durante todo o desenvolvimento do projeto.

4.5.2. Riscos e Benefícios da Pesquisa

Todos os sujeitos da pesquisa estarão submetidos aos mesmos riscos inerentes de qualquer aula prática de ciências típica ao nível de ensino que se encontram. Serão prévia e vastamente alertados sobre os cuidados no manuseio de ferramentas, peças, equipamentos, vidrarias e reagentes. Serão orientados sobre procedimentos em caso de acidentes sendo adequadamente amparados dentro da viabilidade possível.

Quanto aos benefícios, espera-se um incremento significativo na aprendizagem dos alunos, bem como, no desenvolvimento de suas habilidades e competências no campo da ciência. Possivelmente outras áreas da cognição poderão ser beneficiadas indiretamente, tais como operações lógico-matemáticas, interpretação e análise, comunicação e expressão.

4.5.3. Autonomia do Sujeito da Pesquisa

Os alunos(as) serão individualmente convidados a participar do projeto tendo irrestrita liberdade para consentir. A qualquer momento poderá, também, solicitar sua exclusão como participante sem qualquer prejuízo.

Será garantida total independência nas produções materiais e escritas decorrentes de suas participações, não havendo nenhuma espécie de intervenção direta e/ou indireta.

4.5.4. Confidencialidade e Privacidade das Informações

Todos os dados coletados serão preservados em sigilo e sob guarda do pesquisador responsável por um período máximo de 4 (quatro) anos, após o que serão destruídos.

O tratamento a ser dado às informações garantirá o anonimato dos envolvidos em publicações e/ou artigos decorrentes do projeto.

5. Orçamento e Fonte(s) de Financiamento

O projeto contará com fonte particular própria de financiamento do pesquisador não havendo vínculo com qualquer agência de financiamento.

Orçamento:

Item	Custo (R\$)
Materiais de consumo	100,00
Materiais para experimentos	300,00
Total	400,00

6. Cronograma

	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Aplicação do Pré-teste	X			
Aplicação do Pós-teste			X	
Montagem dos Experimentos	X	X		
Realização dos Experimentos	X	X		
Elaboração dos Relatórios	X	X		
Descrição das dificuldades/soluções	X	X		
Descrição das impressões sobre as Atividades		X	X	
Análise dos Resultados			X	X

7. Referências Bibliográficas

AGOSTINI, V. W.; DELIZOICOV, N. C. **A Experimentação Didática no Ensino Fundamental: Impasses e Desafios**. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições Pedagógicas e Epistemológicas em Textos de Experimentação no Ensino de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.11(2), p.219-238, 2006.

MCKEE, E. et al. Effects of a Demonstration Laboratory on Student Learning. **Journal of Science Education and Technology**. 2007.

MORAES, R. Educar pela Pesquisa: exercício de aprender a aprender. In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Pesquisa em Sala de Aula: tendências**

para educação em novos tempos. Porto Alegre: EDIPUCRS, p.127-142, 2004.

PERRENOUD, P. Construir Competências é Virar as Costas aos Saberes ? **Pátio Revista Pedagógica**, Porto Alegre, n.11, p.15-19, 1999.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v.14(1), p.50-74, 2009.

8. Apêndices

8.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM

Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Departamento de Química, Prédio 18, sala 2425
CEP: 97105-900 Santa Maria-RS
Telefone: (55) 3220-9462 ou 3220-8140
e-mail: ensinociencias@mail.ufsm.br

PESQUISA:

O Processo de Experimentação Promovendo Aprendizagens e Competências Científicas.

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Elgion Lucio da Silva Loreto

e-mail: elgionl@gmail.com

Telefone para contato: (55) 3220-8912

Alunos e Pais ou Responsáveis:

Prezado Aluno(a):

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química

da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. Antes de concordar em participar, é importante que você entenda as informações e esclarecimentos contidos nestes documentos.

Objetivo da Pesquisa:

Verificar se o processo de aplicação de atividades experimentais tem potencial para promover aprendizagens e competências científicas adequadas ao nível de ensino fundamental. Estas atividades serão feitas em sala de aula e no laboratório de ciências nos períodos normais das aulas da matéria Ciências.

Procedimentos para a Execução da Pesquisa:

A pesquisa é de abordagem qualitativa e os participantes serão alunos(as) do 3º ano do 3º ciclo do ensino fundamental (equivalente à 8ª série) da Escola Municipal de Ensino Fundamental Larry José Ribeiro Alves de Porto Alegre. A participação dos alunos(as) nesta pesquisa consistirá em assistir aulas, elaborar atividades didáticas, responder a testes, preencher relatórios e questionários propostos pelo pesquisador, realizar experimentos, manipular e montar materiais de laboratório e alternativos, trabalhar com aparelhos e instrumentos de medição. Para a coleta de dados serão utilizados testes, que serão aplicados aos alunos(as), durante a aplicação das propostas e no final, recolhendo as opiniões dos alunos(as).

É importante chamar a atenção que os dados obtidos durante a investigação serão tratados individualmente. Para preservar as identidades dos alunos(as), será feita a identificação deles por números e/ou letras e somente o nome da escola e ano-ciclo dos alunos(as) serão citados.

As informações colhidas serão utilizadas somente para execução do presente projeto e das publicações resultantes dele, sendo divulgadas de forma anônima. Os questionários, relatórios e testes serão mantidos em sigilo sob a responsabilidade e guarda do pesquisador responsável por um período de 4 (quatro) anos. Após este período, os dados serão destruídos.

Informações adicionais:

- **Benefícios:** maior e melhor conhecimento sobre os temas estudados, com benefício direto para o aluno(a) no seu aprendizado na disciplina de Ciências. Espera-se que entendam melhor os conceitos que os conceitos que integram as Ciências, contribuindo para a formação de um pensamento mais crítico e criativo, bem como, na promoção de habilidades e competências científicas.

- **Riscos:** os possíveis perigos que existem são os mesmos envolvidos na participação de qualquer aula normal de Ciências no Ensino Fundamental, tais como: ficar nervoso ao responder aos testes e perguntas; machucar ou ferir a si ou ao colega nas manipulações de aparelhos, vidros de laboratório e substâncias químicas. Garanto que todos os alunos serão sempre orientados sobre as normas de segurança e proteção necessárias e, em caso de acidentes, será providenciado o atendimento possível e adequado.

- **Sigilo:** garantia da privacidade das informações coletadas nos testes, relatórios e questionários, e de que o aluno(a) não será identificado(a), e de que se manterá o caráter confidencial de informações relacionadas à sua privacidade. Também será livre o acesso aos dados do estudo em qualquer etapa da pesquisa.

- **Segurança:** certeza de que as informações não serão utilizadas em prejuízo dos participantes; da liberdade de não querer mais participar da pesquisa, tendo assegurado este direito sem qualquer consequência e podendo se retirar em qualquer etapa do estudo. Não haverá nenhum tipo de despesa ou recompensa econômica pela participação na pesquisa.

Nestes termos e **considerando-me livre e esclarecido(a)**, aceito participar da pesquisa proposta, resguardando ao autor do projeto a propriedade intelectual das informações geradas e permito a divulgação pública dos resultados, desde que não haja identificação dos sujeitos participantes.

Eu _____, RG nº _____, aluno(a) da Escola Municipal de Ensino Fundamental Larry José Ribeiro Alves, situada na Av. Economista Nilo Wulff

s/nº, Bairro Restinga Nova, Porto Alegre – RS, concordo em participar voluntariamente deste projeto de pesquisa, a respeito do qual fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador.

Porto Alegre, ____ de _____ de 2010.

Assinatura do Aluno(a)

Assinatura de um dos Pais/Responsáveis

Número do RG

Somente para o Responsável do Projeto:

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o livre consentimento deste sujeito de pesquisa e de seu responsável legal para a participação neste estudo, tendo sido plenamente esclarecidos.

O presente documento está em conformidade com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Será assinado em duas vias, de igual conteúdo, ficando uma em poder do participante da pesquisa e outra em poder do pesquisador responsável.

Elgion Lucio da Silva Loreto

Santa Maria, ____ de _____ de 2010.

Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato:

Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM.

Av. Roraima, 1000 – Prédio da Reitoria – 7º andar – Sala 702
Cidade Universitária – Bairro Camobi
97105-900 – Santa Maria – RS
Telefone: (55) 3220-9362
e-mail: comiteeticapesquisa@mail.ufsm.br

8.2. Termo de Confidencialidade

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

Título do projeto: O Processo de Experimentação promovendo Aprendizagens e Competências Científicas.

Pesquisador responsável: Elgion Lucio da Silva Loreto

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Santa Maria / Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde / Departamento de Biologia.

Telefone para contato: (55) 3220-8912

Local da coleta de dados: Escola Municipal de Ensino Fundamental Larry José Ribeiro Alves, situada na Av. Economista Nilo Wulff s/nº, Bairro Restinga Nova, Porto Alegre – RS.

O pesquisador do presente projeto se compromete a preservar a privacidade dos alunos do 3º ano do 3º ciclo do ensino fundamental da Escola Municipal de Ensino Fundamental Larry José Ribeiro Alves, cujos dados serão coletados através de questionários, relatórios e testes escritos realizados. Afirma, ainda, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria, por um período de 4 anos sob a responsabilidade do Prof. Dr. Elgion Lucio da Silva Loreto. Após este período, os dados serão destruídos. Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM em ___/___/2010, com o número do CAAE _____.

Santa Maria, _____ de _____ de 2010.

Elgion Lucio da Silva Loreto
RG nº9014693999/RS

8.3. Instrumento de Coleta de Dados

A coleta de dados será efetivada por meio de questionários e relatórios dos processos de desenvolvimento, planejamento e execução dos experimentos feitos pelos alunos. Tais instrumentos apresentam caráter aberto e semi-estruturado. Também serão aplicados testes de conhecimentos sobre os assuntos abordados.

Modelos:

Atividade sobre transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas:

- 1) O que você entende que seja um raio?
- 2) O que você entende que seja uma faísca?
- 3) Que tipos de ondas provêm (saem) de:
 - a) um raio? Tente classificar essa(s) onda(s).
 - b) uma faísca? Tente classificar essa(s) onda(s).
- 4) A(s) onda(s) citada(s) poderia(m) causar interferência em algum aparelho eletrônico? Qual(ais) dela(s)?
- 5) O que você entende por transmissão wireless (sem fio)?
- 6) Cite algum(uns) aparelho(s) que usa(m) esse tipo de transmissão.
- 7) Você acha que essa transmissão ocorre através de ondas? Se sim, qual(ais) o(s) tipo(s)?
- 8) Como você acha que as informações transmitidas são recebidas pelo(a):
 - a) celular: () pela bateria () pela antena () outro _____
 - b) televisão: () pela bateria () pela antena () outro _____
 - c) rádio: () pela bateria () pela antena () outro _____
- 9) Classifique o(s) tipo(s) de onda(s) que cada aparelho da questão anterior emite.

Atividade: Montagem de um circuito elétrico com o “coesor de Branly”

- 1) Montagem do dispositivo mecânico interruptor “coesor de Branly”.
- 2) Montagem de um circuito elétrico simples para acender um LED, usando o “coesor de Branly”.

3) Verificar o funcionamento do circuito usando um acendedor piezoelétrico (acendedor de fogão), identificando e testando fatores que podem ser variados no experimento.

Relatório em grupo:

1) Descrevam as dificuldades que tiveram nas montagens e como vocês solucionaram o(s) problema(s).

2) Desenhem os circuitos montados (pode ser um esquema) indicando os principais componentes e os polos da fonte de energia (pilhas).

Impressões dos alunos sobre as atividades experimentais realizadas.

A respeito das atividades experimentais realizadas, coloque nos parênteses o número que você acha mais adequado para cada pergunta. Explique ou dê exemplos.

1 – Aumentou 2 – Diminuiu 3 – Não alterou 4 – Não sei avaliar

1) sua criatividade ()

2) sua percepção/conhecimento sobre os fenômenos estudados ()

3) sua capacidade de explorar/investigar os assuntos ()

4) sua compreensão/entendimento sobre os conceitos abordados ()

5) sua habilidade em montar/preparar materiais/aparelhos ()

6) sua capacidade de identificar as variáveis/elementos que influem nos fenômenos ()

7) sua capacidade para elaborar hipóteses (suposições, teorias) para explicar o que estava acontecendo ()

8) Você acha que aprende melhor fazendo experiências ou sem fazê-las? Explique.

9) Você acha que aprendeu (marque com X):

a) durante a realização de cada experimento? () sim não () ou

b) somente no final de cada experimento? () sim não ()

10) Enquanto você monta e realiza uma experiência você acha que está, ao mesmo tempo:

a) aprendendo outros assuntos? Quais? -----

b) adquirindo habilidades? Quais? -----

c) percebendo detalhes que não seriam percebidos a não ser fazendo a experiência? Quais? -----

Apêndice C

Câmara de Exposição Ultravioleta

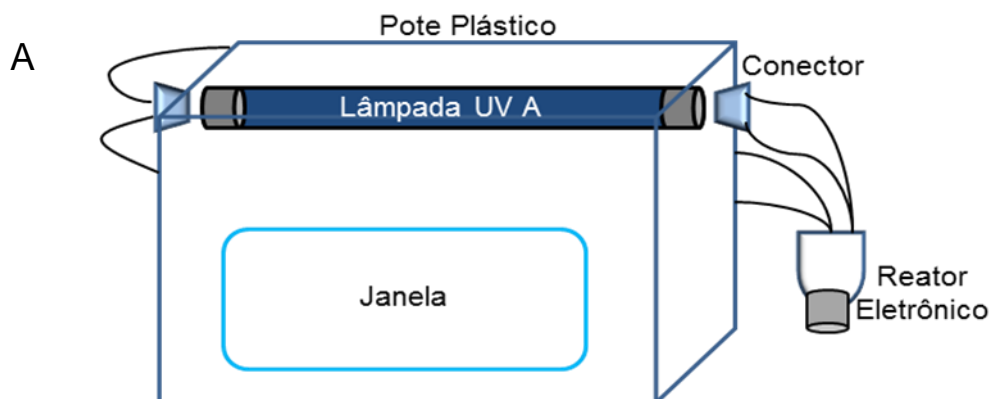
A configuração geral da câmara está representada na figura 1-A.

Materiais:

- pote plástico com capacidade de 2 litros (tipo pote para sorvete);
- reator eletrônico de lâmpada fluorescente compacta;
- lâmpada fluorescente tubular de luz negra (UV A) de 4 W;
- dois conectores de drives de computador;
- folha de EVA (borracha de Etil Vinil Acetato) de cor preta, com 2,0 mm de espessura;
- lâmina de vidro ou acrílico grosso (0,5 x 5,0 x 10,0 cm).

Montagem:

Recortar uma janela de 5 x 10 cm próximo à base do pote plástico e prender a placa de vidro ou acrílico, pela parte interna, com fita isolante. Seccionar aberturas nas laterais menores do pote, parte superior, para encaixar os conectores (Figura 1-B). Recortar a folha de EVA de modo a cobrir internamente as laterais e o fundo do pote (Figura 1-C).



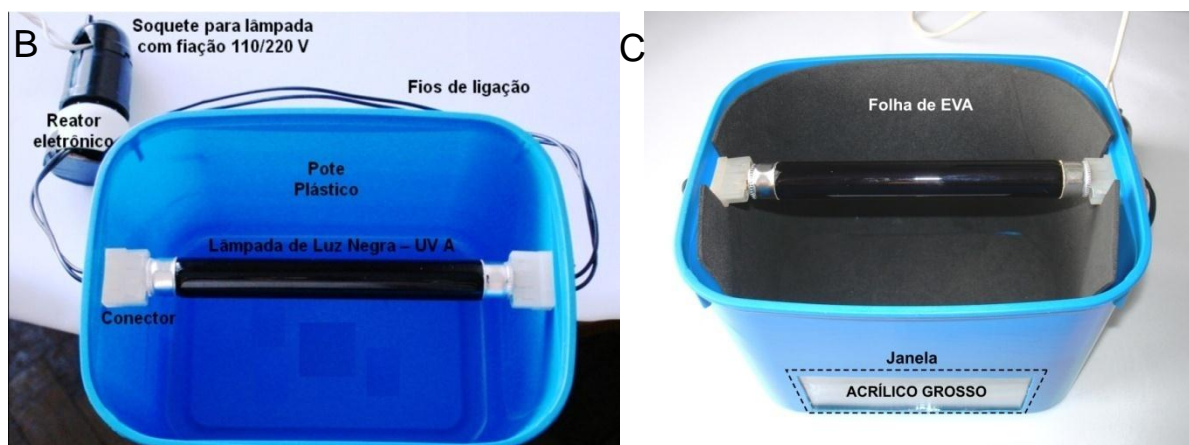


Figura 1 – (A) Esquema da montagem da câmara de exposição. (B) Disposição dos componentes na câmara de exposição. Os conectores servem como soquete para a lâmpada fluorescente. (C) Câmara de exposição revestida com EVA e com janela de acrílico.

Adaptação do reator eletrônico de uma lâmpada fluorescente compacta:

Na base de uma lâmpada fluorescente compacta existe um reator eletrônico incorporado. Desacoplando cuidadosamente a parte que contém os bulbos de vidro de seu suporte (são firmemente encaixadas) tem-se acesso aos componentes eletrônicos do reator.

Para aproveitar este dispositivo para ligar a lâmpada fluorescente tubular utilizada na câmara de exposição ultravioleta, soldam-se os fios dos conectores na placa do circuito (Figura 2-A) nos pontos onde os filamentos dos bulbos da lâmpada estavam conectados como indica a figura 2-B.

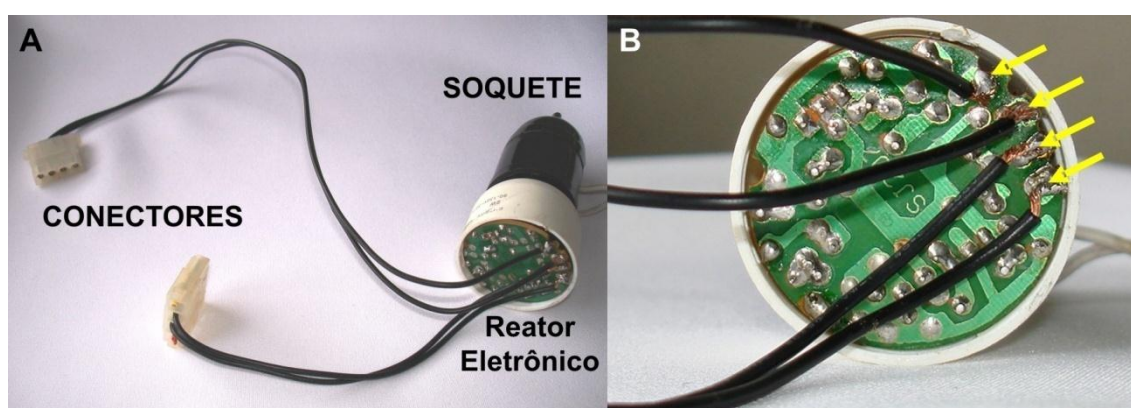


Figura 2 – (A) Conectores ligados ao reator eletrônico de uma lâmpada fluorescente compacta. (B) As setas indicam os pontos de soldagem dos fios dos conectores no circuito do reator.