



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem.

Valéria de Freitas Alves

Brasília DF.

Dezembro 2006



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem.

Valéria de Freitas Alves

Dissertação realizada sob a orientação da Prof^a Dr^a Célia Maria Soares Gomes de Sousa e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências - Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências.

**Brasília, DF
Dezembro 2006**

Dedicatórias

À Cláudio Alessandro, meu esposo, com alegria e amor.

À Isis Alves e Catarina Yasmin, minhas filhas, fonte de eterno amor e carinho.

À Vanusa, minha irmã, que sempre me ajuda e nunca me diz não.

À Verônica, a cujo gosto da rebeldia e a cuja disponibilidade em ajudar, muito devo.

À Maria de Lurdes, Maria do Socorro e Gláucia Lucena: que sempre me ajudaram com as crianças e graças a isso merecem o reino do céu!

Aos educadores e educandos que tornaram este projeto possível.

Valéria

Agradecimentos

Muito agradeço,

À minha orientadora Professora Doutora Célia Maria Soares Gomes de Sousa, pela orientação precisa, pela confiança que sempre imprimiu às nossas discussões, por ter-me viabilizado escolher os meus próprios caminhos e neles ter trilhado comigo, de mãos dadas; para mim, um exemplo de dignidade e retidão de caráter;

Aos meus avós maternos que me amaram como filha, assim como eu os amo;

Aos colegas Felipe Brasil Tourinho, Jairo Gonçalves Carlos, Renata Lacerda, Rober Carlos Barbosa, Ronaldo César, Sebastião Ivaldo, Cláudio Ernesto, Elias Batista, Emerson Gomes, Helena Cristina, Renata Cardoso, Roseli Takako e Sandra Maria de Souza; pela bondade e também pelo carinho que me foi destinando nesse período;

Ao Professor Doutor Ricardo Gauche, pelo incentivo e apoio, ao Professor Doutor Gerson Mól pelo franco apoio a minha pessoa, ao Professor Doutor Sérgio Luiz Garavelli, que ajudou a viabilizar esse estudo, juntamente com a equipe da UCB.

Aos meus educandos, que viabilizaram este trabalho; a todos os que, de maneira direta ou indireta, contribuíram com este trabalho, e principalmente aos meus pupilos: *Isis Alves da Silva e Catarina Yasmin*, a quem tanto amo.

Valéria de Freitas Alves.

RESUMO

Neste projeto inserimos atividades experimentais ao longo das aulas expositivas com o intuito de promover a integração teoria-prática, visando a aprendizagem significativa de conteúdos de Física em nível médio. Para tanto, produzimos material de apoio do tipo manual de atividades experimentais, contendo roteiros com textos básicos sobre os fundamentos teóricos relativos aos temas tratados nas aulas e uma orientação sobre os procedimentos a serem desenvolvidos para a realização das atividades experimentais, dentro da perspectiva de promoção da integração teoria-prática. O referencial teórico deste trabalho foi o da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, a qual tem como característica principal levar em conta, de forma sistemática, o conhecimento prévio do aprendiz. O estudo foi realizado com duas turmas do segundo ano do Centro de Ensino Médio 4 de Ceilândia, DF, sendo que uma delas, o grupo experimental, com 23 alunos, foi submetido ao tratamento e a outra, o grupo de controle, com 28 alunos, foi submetida às aulas expositivas tradicionais. O estudo foi implementado durante o segundo semestre de 2005. Os resultados nos mostram que os alunos do grupo experimental apresentaram melhor desempenho do que os alunos do grupo de controle, o que nos faz crer que o tratamento aplicado facilitou a aprendizagem significativa dos conceitos físicos abordados. A metodologia de tomada de dados incorporou observação participativa, avaliações escritas ao longo do semestre e um questionário de opinião. O produto educacional produzido como decorrência deste trabalho, será disponibilizado aos professores interessados, com intuito de auxiliá-los na sua prática pedagógica, está incluído em um CD-ROM e integra esta dissertação. Sistematizar o ensino, priorizando a forma de organização do conhecimento, incorporando as atividades experimentais, trabalhadas em termos de situações-problema a resolver, nos parece uma estratégia efetiva para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos físicos em nível de ensino médio.

ABSTRACT

In this project we introduced experimental activities throughout the lecture in order to promote the theory-practical integration, aiming the meaningful learning of Physics contents in the High School level. With this purpose in mind, we produced supporting material, like manuals containing experimental activities, including guide with basic texts regarding the theoretical background related to the topics under discussion during the lessons, and guidance about the protocols to be developed for the accomplishment of the experimental activities, within the perspective of promoting the theory-practical integration. The theoretical background of this study was the significant learning theory introduced by David Ausubel, which has as its main characteristic the approach of taking into account, in a systematic way, the previous knowledge of the learner. The study was accomplished using two groups of students from Centro Educational nº 4, Ceilândia, DF. The first group, with 23 students, was evaluated as the experimental group using the methodology presented here whereas the second group of students, with 28 individuals, was used as the control group while submitted to the traditional lecture protocols. The study was implemented during the second term of 2005. The results show that the experimental group presented better performance than the control group, indicating that the applied methodology makes easier the significant learning of the introduced physical concepts. The methodology of taking data incorporated participative observations, writing tests throughout the semester and an evaluating questionnaire. The educational product resulting from this study, recorded in a CD-ROM and integrated to this dissertation, will be disclosed to the interested teachers with the purpose to support them in their pedagogical practice. Educational systematization, highlighting the knowledge organization while incorporating experimental activities tailored to solve specific problems, provides an effective strategy to achieve the meaningful learning of physical concepts at the High School level.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.

Figura 1: os armários do laboratório.....	63
Figura 2: a condição do teto do laboratório... ..	64
Figura 3: disposição das cadeiras, bancos e bancadas no laboratório.....	64
Figura 4: fotografia de um espectômetro de mão.....	66
Figura 5: fotografia de um pêndulo simples.....	67
Figura 6: fotografia da associação de espelhos planos.....	67
Figura 7: fotografia do disco de Newton	68
Figura 8: fotografia de um sistema massa-mola.....	68
Figura 9 : representação de um pêndulo simples.	75
Figura10: ilustração de um pêndulo simples oscilando.	76
Figura11: movimentos possíveis em um sistema massa-mola.....	81
Figura12: características da imagem formada no espelho plano.....	86
Figura13: ilustração de associação de espelhos planos:.....	87
Figura14: decomposição da luz branca no prisma.....	91
Figura15: as cores primárias.....	92
Figura16: disco de Newton.....	92
Figura17: montagem experimental.....	93
Figura18: montagem experimental.....	94
Figura19: histograma do total de erros por questões nos grupos experimental e de controle, na primeira avaliação.....	106
Figura20: histograma do percentual de erros nos grupos experimental e de controle, na primeira avaliação.....	107
Figura21: histograma do total de erros por questões nos grupos experimental e de controle, na segunda avaliação.....	111
Figura22: histograma do percentual de erros nos grupos experimental e de controle, na segunda avaliação.....	111
Figura23: histograma do total de erros por questões nos grupos experimental e de controle, na terceira avaliação.....	114
Figura24: histograma de percentual de erros nos grupos experimental e de controle, na terceira avaliação.....	115
Figura25: gráfico de barras de erros para as médias do grupo experimental e de controle, em relação a primeira avaliação.....	116
Figura26: gráfico de barras de erros para as médias do grupo experimental e de controle em relação a segunda e terceira avaliações.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: roteiro de apoio sobre o pêndulo simples.....	79
Tabela 2: roteiro de apoio sobre o pêndulo simples.....	79
Tabela 3: roteiro de apoio sobre o pêndulo simples.....	79
Tabela 4: roteiro de apoio sobre o sistema massa-mola.....	83
Tabela 5: roteiro de apoio sobre o sistema massa-mola.....	84
Tabela 6: roteiro de apoio sobre a associação de espelhos planos.....	89
Tabela 7: sobre a primeira avaliação.....	106
Tabela 8: sobre a segunda avaliação.....	110
Tabela 9: sobre a terceira avaliação.....	114
Tabela 10: desvio padrão de todas avaliações.....	116

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DA FÍSICA.....	17
2.1	<i>O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA</i>	19
2.2	<i>A EXPERIÊNCIA PARA O SER HUMANO</i>	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	25
3.1	<i>CATEGORIA 1: HISTÓRICO DO LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS NO BRASIL</i>	26
3.2	<i>CATEGORIA 2: FORMAÇÃO DE PROFESSORES/ COMPONENTE EXPERIMENTAL</i>	29
3.3	<i>CATEGORIA 3: PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS</i>	33
3.4	<i>CATEGORIA 4: OS TIPOS DE LABORATÓRIO E SEUS OBJETIVOS</i>	35
3.4.1	Objetivos do laboratório	39
3.4.2	Tipos de laboratórios	40
3.5	<i>CATEGORIA 5: VISÕES DIFERENCIADAS ACERCA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO LABORATÓRIO</i>	42
3.6	<i>CATEGORIA 6: TRABALHOS DE REVISÃO</i>	45
3.7	<i>CATEGORIA 7: ÊNFASE NA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS</i>	48
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	53
5	O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO E O SEU CONTEXTO	61
5.1	<i>DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO</i>	61
5.2	<i>MATERIAL UTILIZADO</i>	65
6	O PRODUTO EDUCACIONAL.....	69
6.1	<i>PLANO DE AULA: PÊNDULO SIMPLES</i>	69
6.2	<i>PLANO DE AULA: SISTEMA MASSA-MOLA</i>	71
6.3	<i>PLANO DE AULA: ESPELHOS PLANOS</i>	72
6.4	<i>PLANO DE AULA: COMPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA LUZ BRANCA</i>	73
6.5	<i>ROTEIROS DE APOIO PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS</i>	74
6.5.1	Roteiro de Apoio 1	74
6.5.2	Roteiro de Apoio 2	81
6.5.3	Roteiro de Apoio 3	85
6.5.4	Roteiro de Apoio 4	90
7	METODOLOGIA	96
7.1	<i>SOBRE OS SUJEITOS E LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO</i>	96
7.2	<i>SOBRE AS AULAS</i>	97
7.3	<i>SOBRE A TOMADA DE DADOS</i>	99
8	RESULTADOS/ ANÁLISE DOS DADOS	102
8.1	<i>ANÁLISE DAS QUESTÕES E PERCENTUAIS DE ERROS</i>	102
8.1.1	<i>Avaliação 1: MHS (Movimento Harmônico Simples)</i>	102
8.1.2	<i>Avaliação 2: espelhos planos e associação de espelhos planos</i>	109

8.1.3	<i>Avaliação 3 : dispersão e composição da luz branca.....</i>	<i>112</i>
8.2	<i>ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS</i>	<i>118</i>
9	DISCUSSÃO	122
10	CONCLUSÃO	128
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

1 INTRODUÇÃO

Como professora de Física do Ensino Médio da rede pública de educação, pude constatar as dificuldades de aprendizagem que os alunos apresentam em relação aos conceitos desta disciplina, cuja conseqüência mais evidente é o baixo desempenho nas avaliações da aprendizagem.

As questões relativas ao processo ensino–aprendizagem em Física, principalmente em nível médio, têm sido tema de várias pesquisas nessas últimas décadas, as quais têm identificado várias causas para tal situação; dentre elas, se destacam o grande número de alunos por turma, a falta de professores habilitados para ministrar a disciplina, a quase inexistência de equipamentos e atividades práticas/experimentais, a falta de domínio do conteúdo por parte dos professores, as dificuldades metodológicas e didáticas e, principalmente, a concepção do professor sobre o processo ensino-aprendizagem da Física.

É consenso que um professor que não domina os conceitos básicos de uma disciplina ou que não tem facilidade em explicitá-lo, sem dúvida, não terá condições para oferecer um bom ensino. Por outro lado, mesmo aquele professor que domina o conteúdo e é capaz de explicitá-lo pode ensinar de maneira inadequada, na medida em que simplesmente se considera um transmissor de informações. Há também aqueles professores que fazem questão de apresentar a Física como uma ciência extremamente difícil, da qual só ele tem o domínio, sendo, por isso, “admirado e respeitado” pelos alunos. A estes fatores certamente se somariam outros que poderiam

constituir uma lista interminável de razões pelas quais a Física tem sido tão odiada pelos que tentam aprendê-la.

Tradicionalmente a Física é considerada pelos professores uma disciplina difícil de ser ensinada e freqüentemente os alunos apresentam dificuldades de aprendizagem nestes conteúdos. Em parte, isto ocasionou a redução da carga horária desta disciplina. Por isso, novos procedimentos de ensino certamente são necessários para motivar a participação dos alunos e aumentar o interesse pelos conteúdos ministrados nas aulas dessa disciplina.

É comum a argumentação de vários professores que o ensino de Física tem assumido o caráter de preparação para resolução de exercícios de vestibular. Para esses professores, a situação é comprovada ao observarmos o uso indiscriminado de livros e assemelhados, recheados de exercícios preparatórios para as provas de vestibular que, na sua essência, primam pela memorização e pelas soluções algébricas, o que tem sido alvo de sérias críticas.

A maioria dos livros que circulam nas escolas apresenta os conteúdos como um conjunto de conceitos estanques, dando o caráter de ciência imutável à Física. Porém, o mais problemático nessas obras está na forte identificação que elas promovem entre a Física e os algoritmos Matemáticos. É fácil observar que os textos e, principalmente, os exercícios, são apresentados como Matemática aplicada, na qual a questão fundamental se resume a treinar o estudante na resolução de problemas algébricos.

Outra questão levantada diz respeito à gama imensa de conteúdos que compõem os livros didáticos. Com apenas duas aulas por semana o professor precisa selecionar quais os conteúdos que irá abordar diante do complexo dessas obras, tendo que,

muitas vezes, “pincelar” tópicos desconexos, simplesmente por que é necessário contemplar todos os itens do livro.

É com o propósito de buscar superar parte das dificuldades aqui apontadas que este trabalho foi desenvolvido. Nele, busca-se avaliar se o uso de atividades experimentais em sala de aula facilita a aprendizagem significativa dos alunos nesse nível de ensino.

Buscou-se com este estudo promover a integração teoria/prática no ensino de Física em nível médio, a fim de proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos científicos, promover o interesse pelo trabalho experimental no ensino de Física e o desenvolvimento de competências para a realização dessa atividade.

Thomaz (2000) coloca que existem vários pesquisadores defendendo que o trabalho experimental é um meio por excelência para a criação de oportunidades para o desenvolvimento dos alunos. Também afirma que caso se pretenda que os alunos estejam motivados para a execução de trabalhos experimentais, em qualquer nível de ensino, é preciso que a tarefa que os professores lhes proporcionem seja apelativa, que constitua um desafio, um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução.

O desenvolvimento de atividades experimentais pode ser uma possibilidade de transição dos modelos tradicionais de ensino para a construção de formas alternativas de ensinar Física. De acordo com a nossa experiência, quando o professor introduz os experimentos em sala de aula, ele se vê frente a um novo comportamento dos alunos: mais interessados e participativos. Neste momento, ele poderá optar por uma determinada didática que inclua o uso de atividades experimentais.

Para Pinho-Alves (2000a), o contato entre a linguagem científica, as teorias, o conhecimento, ou “senso comum” do aluno no processo de experimentação, tornam o ensino da Física mais eficaz e mais próximo do estudante.

Nessa linha, neste trabalho, foram introduzidas atividades experimentais ao longo das aulas expositivas, as quais foram conduzidas pela professora, em um processo de intervenção constante, tratando de relacionar os conteúdos pertinentes à atividade experimental em questão, ao conhecimento prévio (científico ou do senso comum) do aluno, relevante para a aprendizagem do conteúdo ora tratado.

Os professores estão ávidos por alternativas ao ensino tradicional. Há que se considerar, porém, que o professor em geral não é preparado, nem durante nem após a sua graduação, para promover um ensino mais dinâmico. É consenso entre os professores de Física que a atividade experimental atrai os alunos. O estudo aqui desenvolvido é decorrente dessa evidência e tem por objetivo modificar a dinâmica da sala de aula, adotando experimentos ao longo das aulas com a função de envolver os alunos e promover maior participação nas atividades em sala facilitando, dessa forma, a aprendizagem significativa dos conteúdos em questão.

O estudo foi estruturado da seguinte forma:

Atividade experimental no ensino de Física: inicialmente este trabalho buscou autores que tratam da importância de aliar o conhecimento do aluno, tido como senso comum, ao ensino na escola. O trabalho de Pinho-Alves (2000a) norteou este trabalho, no sentido de mostrar a importância da “experiência” e da “experimentação”; assim como o de Hodson (1994) que nos fornece uma visão geral sobre aspectos importantes inerentes ao laboratório de Ciências.

Revisão bibliográfica: levantamento de artigos sobre o tema, selecionados nos periódicos: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (Brasil), *Revista Brasileira de Ensino de Física* (Brasil), *Revista Brasileira de Educação em Ciência* (Brasil), *Investigações em Ensino de Ciências* (Brasil) e *Enseñanza de las Ciencias* (Espanha), no período de 1990 a 2004. Além disso, os seguintes autores também “mapearam”, neste trabalho, o avanço do estudo do ensino de Física aliado às atividades experimentais: Barra e Lorenz, (1986); Barreiro e Bagnato, (1992); Farias, (1992); Krasilchik, (1987); Séré (2003); Thomaz, (2000) dentre outros.

Fundamentação teórica: a teoria de Ausubel é o marco teórico adotado, amparando a metodologia utilizada para o estudo. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel prioriza a aprendizagem cognitiva, tratando a internalização do conhecimento como uma edificação mental ordenada, estruturada e hierarquizada.

Desenvolvimento do estudo e o seu contexto: descreve a condição de realização do estudo no Centro de Ensino Médio 4 de Ceilândia e a preparação do material aplicado em sala de aula.

O produto educacional: um guia de apoio aos professores que descreve a condição de realização da pesquisa no Centro de Ensino Médio 4 de Ceilândia, a preparação do material a ser aplicado em sala de aula, o histórico de desenvolvimento de atividades experimentais pelo grupo de alunos e a forma como foi tratado o grupo de estudo.

Metodologia: durante o segundo semestre de 2005 introduzimos, ao longo das aulas, atividades experimentais, a fim de promover a aprendizagem significativa em conteúdos de Física, procurando efetivar a integração teoria-prática em sala de aula.

Resultados/análise de dados: os resultados obtidos com a adoção das atividades experimentais ao longo das aulas expositivas, procurando promover a integração teoria-prática, foram analisados, considerando o desempenho dos alunos em avaliações que priorizavam a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos cuja explicitação, por parte deles, é entendida como evidência de aprendizagem significativa desses fenômenos.

Discussão: comentários e análise sobre os resultados obtidos a partir do desempenho dos grupos envolvidos no estudo.

Conclusão: são comentados os resultados obtidos, considerando o contexto do desenvolvimento do trabalho e feitas considerações sobre a pertinência da implementação desta proposta nas escolas, principalmente naquelas com as mesmas características da escola onde foi desenvolvido este estudo.

2 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DA FÍSICA

Hodson (1994) aponta algumas das dificuldades que ocorrem devido à maneira que os organizadores de planos de estudos e professores fazem uso do trabalho prático. Este, da maneira como é feito, levanta demasiadas barreiras desnecessárias que dificultam a aprendizagem, pois acabaram gerando muitas interferências sobre o trabalho dos estudantes. Esta série de interferências faz com que os estudantes muitas vezes sofram uma “sobrecarga de informação” e sejam incapazes de perceber claramente o “sinal de aprendizagem”. Conseqüentemente, é possível que adotem uma das seguintes estratégias: adotar um “enfoque de receita”, seguindo simplesmente as instruções passo a passo; concentrar-se em um único aspecto do experimento, com a virtual exclusão do resto; exibir um comportamento aleatório que os faça “parecerem muito ocupados quando não têm nada que fazer” (HODSON, 1994).

Em muitos casos, os experimentos podem ser simplificados mediante a eliminação de alguns passos menos importantes e o emprego de aparelhos e técnicas mais simples. A questão da pré-montagem do aparato experimental é um tema que merece um amplo tratamento. Muitos estudantes se esforçam por montar aparato experimental e sentem que já “fizeram o bastante” antes que tenha iniciado a parte conceitualmente significativa da atividade, o mesmo se pode afirmar sobre a preparação e a pesagem prévia dos materiais.

Existe também, o uso de computadores e calculadoras programáveis para converter os “dados brutos” em “resultados finais”, reduzindo assim o que poderíamos denominar interferências matemáticas. Neste sentido, é mais eficaz o uso de

computadores para capturar, processar e apresentar os dados, assim como para a supervisão e o controle de experiências, o que permitiria fazer experimentos mais complexos e de longa duração.

Em poucas palavras, Hodson (1994) argumenta que as atividades experimentais são superutilizada e infrautilizadas. É usado em demasia no sentido de que os professores empregam as práticas como algo normal e não como algo extraordinário, com a idéia de servir de ajuda para alcançar todos os objetivos de aprendizagem. É infrautilizado no sentido de que só em poucas ocasiões se explora completamente seu verdadeiro potencial. Ao contrário, grande parte das práticas que oferecemos está mal concebida, são confusas e carecem de valor educativo real.

Para Hodson (1994), é conveniente considerar que o ensino da Ciência possui três aspectos principais:

- 1) a aprendizagem da Ciência, adquirindo e desenvolvendo conhecimentos teóricos e conceituais;
- 2) a aprendizagem sobre a natureza da Ciência, desenvolvendo um entendimento da natureza e os métodos das Ciências, sendo conscientes das interações complexas entre Ciência e sociedade;
- 3) a prática da Ciência, desenvolvendo os conhecimentos técnicos sobre a investigação científica e a resolução de problemas.

Hodson (1994) acredita que a “experiência” é um elemento fundamental na Ciência; muitos crêem que deveria ser igualmente essencial para educação científica. Ao assumir esse fato, os professores e organizadores de estudo não fazem a distinção crucial entre a prática da Ciência e o ensino-aprendizagem da Ciência. Além disso, existe a suposição geral de que o trabalho prático eqüivale necessariamente, ao

trabalho sobre um banco de laboratório e que este tipo de trabalho sempre inclui a experimentação.

2.1 O papel da experimentação e o ensino de Física

De acordo com Pinho-Alves (2000a), o cotidiano do ser humano é bastante ligado à experiência, às suas interações sócio-ambientais. Já a experimentação é atitude do homem que busca organizar seus pensamentos na construção de elementos que lhe forneçam respostas sobre as coisas que o rodeiam e sobre si mesmo. Experiência, portanto, está ligada ao que vivemos todo dia e a experimentação ao processo científico.

2.2 A experiência para o ser humano

Pinho-Alves (2000a) coloca que a liberdade especulativa da experiência se contrapõe à rigidez metodológica da experimentação; é mais livre por ser intuitiva e especulativa.

A experimentação é um fazer elaborado, construído, negociado historicamente, que possibilita através de processos internos próprios estabelecer “verdades científicas”. “Assim (...) passaram [os investigadores] a dar importantes contribuições para a nova tendência ao experimentalismo, pois um dos traços característicos da revolução científica é a substituição da “experiência” evidente por si mesma que formava a base da filosofia natural escolástica por uma noção de conhecimentos especificamente concebidos para esse propósito.” (HENRY, 1998 *apud* PINHO-ALVES, 2000a, p.150,).

Este autor também argumenta que a experimentação é como ferramenta utilizada no processo de construção do conhecimento científico. A experiência é um atributo inerente ao ser humano e responde por suas interações com o meio ambiente. É

elemento presente na composição das experiências pessoais do ser humano, assim como se constitui em fonte de dados para a elaboração do senso comum. A experimentação é uma atividade historicamente construída pelos investigadores para uso exclusivo na construção do conhecimento científico. Ambas, experiência e experimentação, são objetos/ferramentas utilizadas para construir conhecimentos (do senso comum ou científico); conhecimentos diferentes na estrutura e na validade, que se constituem a partir de motivações e de critérios diferentes, mas que possuem pontos de intersecção comuns, manifestados nos processos de produção individuais.

Pinho-Alves (2000a), ao traçar a trajetória da experimentação (e do método experimental) ao longo da História da Ciência, mostra que a experimentação tem sua história intimamente ligada à maneira como foi interpretado o procedimento de construção do conhecimento científico. Assim, ele resgata os intelectuais ou filósofos que contribuíram na formatação da experimentação, acrescentando elementos ao proceder experimental ou dando diferentes interpretações filosóficas de sua função para alcançar o conhecimento. É clara a idéia que o autor tem de associar a experimentação a um proceder “profissional”, isto é, construído pelos intelectuais que se dedicaram à produção do saber científico.

O conhecimento, chamado de senso comum, é, portanto, conseqüência da negociação coletiva que fazemos no dia a dia, estabelecendo interpretações comunitárias aceitas coletivamente.

Este mundo é aquele que partilhamos com os indivíduos que nos rodeiam e mesmo com aqueles que não nos são tão próximos. Ao nos referirmos às coisas do mundo temos certeza de sermos entendidos, pois sabemos que nossos interlocutores partilham do mesmo mundo que nós, inclusive atribuindo aos objetos que neles existem os mesmos nomes e significados (PIETROCOLA, 2000 apud Pinho-Alves 2000a).

O produto dessas negociações compõe um estoque de informações que é senso comum, tem por princípio aceitar que diferentes pessoas, frente ao mesmo fenômeno, sempre vêem a mesma coisa.

Pode parecer trivial e óbvia esta constatação, mas é importante e precisa ser considerada pelo espaço escolar, quando esse recebe o aluno que será submetido ao processo de ensino-aprendizagem do conhecimento científico.

Embutido nestes conflitos está presente o exercício individual da experiência pessoal e seu papel na construção do conhecimento espontâneo ou vulgar. A experiência pessoal ou simplesmente experiência é um ato solitário que traduz em informações, em geral qualitativas, as opiniões decorrentes das interações sensitivas do sujeito com o objeto. Resumindo, a experiência é produto do mais natural e simples ato empírico que se faz presente no momento de especulação, seja espontâneo ou premeditado (PINHO-ALVES 2000a, p.150).

Estudos que oferecem propostas de ensino de Física de cunho metodológico também valorizam e alertam os professores sobre o senso comum, pois,

(...) os conhecimentos anteriores que ele (o aluno) já detém muitas vezes interferem na efetiva apreensão do conteúdo veiculado na escola. (...) Se descaracterizarmos ou ignorarmos este problema, freqüentemente estaremos incentivando no aluno a utilização de conceitos e leis da Física apenas para 'situações de quadro negro' e provas (quando ocorrem), enquanto para situações vividas prevalecem os conhecimentos do senso comum (DELIZOICOV E ANGOTTI, 1991 *apud* PINHO-ALVES, 2000a p.160).

Em resumo, Pinho-Alves (2000a) coloca que o senso comum é o resultado do processo de interação do ser humano com o mundo - aqui entendido no seu aspecto físico e social - que o cerca. 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.

Do ponto de vista da educação formal, a consideração ou não do senso comum durante o fenômeno didático implica na adoção de diferentes concepções de como ocorre o processo de ensino-aprendizagem, abrindo discussão sobre as implicações do senso comum na questão do ensino de Física. A presença do senso comum, se considerado no fenômeno didático, direciona para um processo interativo entre professor e aluno que, por meio de um diálogo didático, deverá favorecer situações para o estudante transcender suas estruturas prévias de pensamento (PINHO-ALVES, 2000a).

A “experiência” foi associada aos procedimentos ou atitudes manifestadas pelo homem na construção de um conhecimento próprio que, denominado de senso comum, tem por base primária as relações sensoriais com o mundo físico que o rodeia. Esta experiência se faz requisitada na observação e especulação espontânea ou fortuita e, de certa forma, descompromissada do ser humano nas suas interações com o entorno sócio-ambiental. Isso é a fonte de suas relações de causa e efeito; não se caracteriza por uma seqüência de passos ou fases (*op. cit.*).

A “experimentação” fica assim, associada à produção de um conhecimento mais elaborado, que procura dar conta de situações mais amplas, com maior poder de generalização ou mais universais.

O conhecimento sendo uma construção humana e, portanto, fruto dos diferentes momentos históricos, estará subordinado às mais diferentes influências provenientes da cultura da época. Na esteira que transporta os novos valores sociais que fomentam

novos conhecimentos, a experimentação também se faz modificar conforme as novas métricas geradas pelos novos valores. Portanto, a experimentação sofreu um processo dinâmico ao longo dos tempos, enquanto que a experiência permanece dependente da vivência de cada um de nós (PINHO-ALVES, 2000a).

Esta demarcação entre experiência e experimentação deixa claro que a experiência é um atributo natural do homem leigo e espelha um proceder livre com o seu meio ambiente para a construção de algum conhecimento, enquanto que a experimentação é um método construído e de uso particular do homem investigador na construção do conhecimento científico (*op. cit.*).

O adolescente, personagem do fenômeno educativo, quando é apresentado à Ciência e ao conhecimento científico, tem apenas como bagagem sua concepção de mundo, construída, de modo geral, à sombra dos conhecimentos ditados pelo senso comum. Isto significa que o instrumento processual de seu domínio para elaborar explicações a respeito do mundo físico que o rodeia se restringe, predominantemente, à experiência livre e especulativa permeada pela tradição sócio cultural de seu meio ambiente (*op. cit.*).

No seu contato com a Ciência, lhe é apresentada a experimentação, não como ferramenta construída e utilizada pela Ciência no processo de construção de novos conhecimentos, mas como instrumento comprobatório daquele conhecimento científico ensinado (PINHO-ALVES, 2000a).

Ao entrar em contato com outras formas de conhecimento do mundo não se deve descartar o que o estudante traz; a experimentação tem mostrado importantes diferenciais quando aplicada com objetivos claros e considerando tais conhecimentos. Neste estudo defendemos que, por já fazer parte da história do homem, a experiência,

o envolvimento em processo de experimentação em laboratórios didáticos, em muito beneficia o aprendizado do aluno.

3 REVISÃO DE LITERATURA

O ensino de Física e as atividades experimentais

Se o senso comum, presente no conhecimento prévio do aluno, é ferramenta importante para o entendimento dos fenômenos que o circundam, aliá-las ao ensino de Ciências pode ajudar no desenvolvimento de formas mais produtivas de aprendizagem, assim como também associar esse conhecimento à atividades experimentais pois, de certa forma, isso aproximaria aquilo que o aluno conhece do conhecimento cientificamente aceito.

A maioria dos artigos que foram analisados nesta revisão de literatura, aponta para encaminhamentos de possíveis soluções para a melhoria do ensino de Física, o desenvolvimento de uma educação voltada para a participação dos indivíduos, que devem estar capacitados a compreender os avanços tecnológicos atuais e a atuar de modo que suas colocações sejam mais fundamentadas, agindo de forma mais consciente e responsável diante dos grupos sociais em que convivem.

Pode-se dizer que, de um modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de minimizar as dificuldades relativas a aprender e a ensinar Física de modo significativo. Nesse sentido, no campo das investigações nessa área, pesquisas recentes têm ressaltado a importância das atividades experimentais.

Desse modo, é possível constatar extensa bibliografia em que diferentes autores analisam os méritos e os deméritos de se inserir atividades experimentais no ensino de Física.

Na revisão da literatura foram selecionados dezenove artigos publicados no período compreendido entre 1990 e 2004, em cinco periódicos da área de ensino de Ciências: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (Brasil), *Revista Brasileira de Ensino de Física* (Brasil), *Revista Brasileira de Educação em Ciência* (Brasil), *Investigações em Ensino de Ciências* (Brasil) e *Enseñanza de las Ciencias* (Espanha).

Os artigos foram categorizados em função de sua área temática, o que permitiu a elaboração de um quadro geral do conjunto de estudos que se relacionam com o uso de experimentos no ensino da Física, como se pode ver a seguir:

3.1 Categoria 1: histórico do laboratório de Ciências no Brasil

Nesta categoria estão artigos que mostram a evolução do ensino de Ciências, bem como a produção dos materiais didáticos de Ciências compreendido no período de 1950 - 1985, 1950 - 1980, respectivamente, no Brasil (KRASILCHIK, 1987; BARRA E LORENZ, 1986).

Até 1946, os livros didáticos de Ciências eram predominantemente de origem européia. Nesse ano começaram a surgir as primeiras instituições nacionais que tomariam a liderança em desenvolver materiais didáticos dessa área de ensino. Nesse mesmo período ocorre a criação do IBEEC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura), que era a comissão da Unesco no Brasil. O seu papel era o de promover a melhoria da formação científica dos alunos que ingressariam nas instituições de ensino

superior e, assim, contribuir de forma significativa ao desenvolvimento nacional (BARRA e LORENZ, 1986).

Quatro anos após a criação do IBECC, criou-se em São Paulo uma comissão, tendo como presidente, Raul Briquet e cujos objetivos eram: 1- divulgar no Brasil a obra da Unesco, tornando conhecido o trabalho que a mesma vinha realizando no campo internacional; 2 – enviar à Unesco dados e informações sobre as atividades culturais no Brasil, para que a mesma tivesse conhecimento do que se estava realizando em nosso país, em matéria de educação; 3 – procurar realizar no Brasil o que a Unesco fazia no campo internacional a favor da paz e da cultura.

Nesse período, as mudanças curriculares incluíam a substituição dos métodos expositivos pelos chamados métodos ativos, nos quais tinha a preponderância do laboratório. As aulas práticas deveriam propiciar atividades que motivassem e auxiliassem os alunos na compreensão dos conceitos (KRASILCHIK, 1987).

O material produzido seguia uma linha metodológica do ensino de Ciências clara e objetiva, que visava o planejamento e a execução de experimentos com a utilização de materiais simples e de fácil acesso aos alunos.

Na década de 1970, o Ministério da Educação e Cultura lançou o Projeto Nacional para melhoria do Ensino de Ciências, o PREMEN, que tinha como objetivos:

- a) Proporcionar aos alunos e professores materiais didáticos de qualidade e adequados à realidade brasileira;
- b) Criar novas equipes e vitalizar as já existentes, capazes de dar contribuições significativas a um movimento de contínua renovação e atualização no ensino de Ciências;

- c) Treinar professores de Ciências e Matemática para o primeiro grau, e de Física, Química e Biologia para o segundo grau, na utilização de novos materiais didáticos;
- d) Habilitar novos professores de Ciências para o primeiro grau mediante licenciaturas de curta duração;
- e) Aperfeiçoar professores de Ciências Matemáticas do primeiro grau, de Física, Química e Biologia do segundo grau, mediante cursos de aperfeiçoamento em períodos de férias e em serviço. Com a criação do PREMEN, portanto, o país passou a possuir mais um órgão especializado na produção de materiais didáticos de Ciências, mais adequados às condições brasileiras (BARRA e LORENZ, 1986).

Segundo Barra e Lorenz, (1986) nota-se que houve um movimento inovador do ensino de Ciências representado pelos grandes projetos de ensino de Física que transformou o laboratório em um dos principais instrumentos para o ensino dessa disciplina.

Segundo Pinho-Alves (2000a), esse período foi extremamente fértil e a dinâmica organizacional e didática que envolveu a elaboração desses projetos foi revolucionária frente ao que já se tinha feito em relação a propostas educacionais na área de Ciências. Por conseguinte, promoveu um incentivo enorme às investigações em ensino, estimulando um maior número de profissionais a se dedicarem a ela. O resultado, hoje em dia, mostra uma área de pesquisa madura, com vários cursos de pós-graduação e com um número crescente de investigadores.

Examinando o ensino de Ciências no Brasil do ponto de vista histórico, podemos observar que as tentativas de mudança curricular têm insistido na necessidade de se introduzir a experimentação em nossas escolas.

3.2 Categoria 2: formação de professores/ componente experimental

Aqui o foco está basicamente relacionado com a área de formação de professores e com alguns aspectos envolvidos com aulas experimentais (THOMAZ, 2000; FARIAS, 1992; BARREIRO E BAGNATO, 1992).

Os artigos de Thomaz (2000), de Barreiro e Bagnato (1992) e o de Farias (1992) têm o objetivo de criar um espaço de reflexão relativo ao papel do trabalho experimental no processo ensino-aprendizagem de Ciências, e as suas implicações na formação de professores de Ciências.

Thomaz (2000) argumenta que o papel da componente experimental na aprendizagem em ciências é importante na formação do futuro cidadão, tornando-o, assim, capaz de atuar com eficácia na sociedade em que ele está inserido. Mas essa eficácia irá depender, em grande escala, do papel do professor no desenvolvimento da sua atividade docente e das suas perspectivas em relação a essa componente.

Caso se pretenda que os alunos estejam motivados para a execução de trabalhos experimentais, em qualquer nível de ensino, é preciso que a tarefa que o professor lhes proporciona seja apelativa, que constitua um desafio, um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução.

Uma atividade onde é colocado passo a passo, o que o aluno deve fazer, não constitui uma atividade motivadora; é aliciante para a grande maioria dos alunos, transformando-se em uma tarefa enfadonha a qual são “obrigados” a executar e que leva muitos alunos a se queixarem com comentários do tipo: “o laboratório e os relatórios são uma pura perda de tempo roubando-nos imenso tempo de estudar” (THOMAZ, 2000).

Thomaz (2000) afirma que o desenvolvimento de capacidades pessoais tais como motivação, poder de decisão, criatividade, autoconfiança, capacidade para resolver problemas apresentados, capacidade de comunicação, de análise crítica, determinação, etc, depende principalmente das estratégias que seus professores utilizaram no desempenho de sua atividade docente. Subjacentes à esse desempenho, estão as perspectivas dos professores sobre o papel do trabalho experimental no processo ensino-aprendizagem.

O papel da experimentação no ensino ainda é encarado pelos professores em uma perspectiva empirista, centrada nos conteúdos, não dando oportunidades aos alunos para desenvolverem a capacidade científica que lhes serão requeridas na vida futura; a perspectiva sobre o papel dos trabalhos da experimentação é majoritariamente centrada nos conteúdos e não no indivíduo.

Para Barreiro e Bagnato (1992), uma das preocupações de muitos docentes das universidades brasileiras é o fato de nossos estudantes estarem demonstrando desestímulo em aprender conhecimentos básicos nas áreas de Física, Química e Matemática. Mostram-se mais motivados pelas matérias específicas de suas áreas de interesse, devido a aplicação direta que eles vislumbram.

Assim como Thomaz, esses autores afirmam que antes da adoção de aulas demonstrativas, os alunos pesquisados apresentam respostas que evidenciam a percepção de que o grau de dificuldade na compreensão de certas fórmulas não compensava a perda de tempo de assistir aula, ou ainda, que o método é ruim, enrolado, monótono, falho; argumentam que precisam perder menos tempo com a teoria, apresentam pouca criatividade e curiosidade; não se interessam pelas

aplicações e opiniões do professor; tradicionalmente as fórmulas aparecem, o aluno decora, faz a prova e esquece.

Após a introdução das aulas demonstrativas os autores constatarem outras respostas para as mesmas questões tais como: “melhor do que no ano passado”; “ótima combinação na preparação das aulas e exercícios”; “método bom, adequado, bem aplicado à matéria”; “aulas bem distribuídas”.

Segundo Barreiro e Bagnato (1992), as aulas demonstrativas mostraram-se satisfatórias aos maiores interessados: os alunos. Experimentos utilizáveis em sala de aula sobre a Física Clássica poderão ser capazes de levar os professores à percepção de que é possível fazer do ensino algo mais estimulante e motivador da aprendizagem de algo significativo.

Farias(1992) argumenta que se a mente do indivíduo se encontra mais para a assimilação de coisas concretas, nesse momento, o laboratório constitui-se um poderoso recurso instrucional e instrumental para possibilitar ao estudante o aprendizado significativo do assunto.

A experimentação também preenche outros objetivos importantes na formação científica do cidadão, como a de despertar habilidades técnicas de investigação experimental. Pode ainda ser usada para estreitar o elo com a teoria, embora com limitações, com muitas observações na natureza Física do nosso cotidiano, e até para motivar o aluno para o estudo da Física (FARIAS, 1992). Assim, proporcionando o ensino de Física relacionado com suas vivências, acredita-se que a aprendizagem será mais bem sucedida.

Apesar da importância da atividade experimental defendida pelos autores, constata-se também um grande desinteresse e despreparo do professor para este fim.

Isso pode estar associado à falta de motivação e de condições de trabalho, o que resulta na acomodação ao ensino estritamente teórico-expositivo. Ou seja, apenas o espaço da instrumentação não é suficiente para atingir os objetivos que se pretende com a atividade experimental (FARIAS, 1992).

O professor também precisa ser preparado e despertado para a importância do uso das atividades experimentais em sala de aula. Sem conhecimento e valorização do uso dessas atividades, a ênfase do ensino se dará ao ensino tradicional, fora do contexto que a educação vive atualmente. Na medida em que exista um contingente maior de professores bem preparados, será possível explorar mais plenamente as potencialidades da experimentação. A implementação de material de laboratório será uma consequência da demanda.

Outro ponto muito ressaltado pelos pesquisadores é o de que é necessário que se tenha em mente que deve ser dado a cada aluno um tratamento diferenciado, pelas diferenças observadas em habilidade, interesse, afinidade e na própria identidade com a proposta.

3.3 Categoria 3: papel da experimentação no ensino de Ciências

Nesta categoria estão artigos que discutem o papel da experimentação no ensino de Física com base em alguns exemplos práticos relacionados à forma como a experimentação é concebida procurando favorecer o estabelecimento de um elo entre o mundo dos objetos, o mundo dos conceitos, leis e teorias e o das linguagens simbólicas (SÉRÉ, COELHO E NUNES, 2003; AXT, 1991; SILVA E ZANON, 2000).

Axt (1991) argumenta que a experimentação contribui para uma melhor qualidade de ensino e que mesmo com algumas inserções de atividades experimentais no ensino brasileiro desde a segunda metade do século passado o ensino ainda é mais livresco do que experimental. Este autor aponta as principais dificuldades para adoção de atividades experimentais nas escolas:

1. A primeira e mais importante restrição ao ensino experimental é a falta de equipamento e a impossibilidade de fazer reparos ou reposições. Para ele, infelizmente em nosso país, material de 'baixo custo' acaba tendo um significado diferente do que tem em um país desenvolvido.
2. A segunda restrição imposta ao ensino experimental é a pouca qualificação dos professores. A má formação do professor representa para o ensino de ciências, particularmente para o ensino experimental de Ciências, uma séria limitação.

Silva e Zanon (2000) destacam algumas posições dos professores ao ensino experimental, como o fato de dizerem que ele é fundamental para melhorar o ensino, mas lamentam a carência de condições para tal, referindo-se a turmas grandes, inadequação da infra-estrutura física/material e carga horária reduzida.

A adoção dos experimentos não pode ser sem critério. Para Sér e et al (2003), h a diferentes abordagens atrav es das quais um experimento pode ser concebido no ensino. Esse   um ponto importante a ser levantado, pois n o   simplesmente a ado o de atividades experimentais que faz com que haja melhorias no aprendizado do aluno; a forma como se procura relacionar as pr ticas experimentais com os conte dos   o que se apresenta como decisivo no sucesso do trabalho.

Para Sér e et al (2003) a maneira tradicional de utilizar um experimento   aquela em que o aluno n o tem que discutir. Nesse caso, o experimento est a a servi o do aprendizado da lei. Geralmente   colocado um t tulo e um objetivo ao aluno; essa   a maneira mais usual de utilizar certos equipamentos. Para a an lise dos dados, os alunos s o orientados passo a passo. O objetivo do professor   enfocar a teoria, buscando estabelecer uma primeira rela o entre ela e o mundo dos objetos, n o exigindo uma atividade de reflex o por parte dos alunos. Outra maneira de se conduzir um experimento   a compara o de modelos. N o se trata de propor aos alunos a compara o de modelos te ricos, mas de modelos de comportamento.

Outro tipo de abordagem   aquela na qual a lei n o   questionada, ela   conhecida e utilizada para calcular um par metro, ou mensura es.

Outra possibilidade   aquela que remete   atividades de produ o; o que se aprende de te rico   utilizado de forma diferente da habitual, procedendo freq entemente por tentativa e erro. Para Sér e et al (2003), as opera es intelectuais utilizadas durante a a o diferem daquelas necess rias para a resolu o de problemas do tipo papel e l pis. Teorias modernas, pouco conhecidas, mostram que os f sicos aplicam com freq ncia regras intuitiva, derivadas de seus conhecimentos procedurais,

de hábitos adquiridos ou simplesmente do bom senso, ao invés de princípios físicos elaborados.

O professor pode optar por diferentes enfoques ao propor um experimento, o que implicaria em diferentes atividades para o aluno. Através dos trabalhos práticos e das atividades experimentais, o aluno deve se dar conta de que para desvendar um fenômeno é necessária uma teoria. Além disso, para obter uma medida e também fabricar os instrumentos de medida é necessária muita teoria. Pode-se dizer que a experimentação pode ser descrita considerando-se três pólos: o referencial empírico, os conceitos, leis e teorias, e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em Física. As atividades experimentais têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre esses pólos. Graças às atividades experimentais, o aluno é levado a não permanecer apenas no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico (SÉRÉ et al, 2003).

3.4 Categoria 4: os tipos de laboratório e seus objetivos

São artigos que mostram as principais modalidades de laboratório e suas funções no ensino de Física, e de que forma ele pode trazer benefícios para a aprendizagem (PINHO-ALVES, 2000b; BORGES, 2002; SÉRÉ, 2002; COELHO; BERNARDO e WIEHE, 2000).

Entre as atividades à disposição do professor para fazer com que os estudantes aprendam Ciências, há algumas que são particularmente complexas: são aquelas que implicam experimentação. Sua eficácia muitas vezes é posta em dúvida. É por isso,

todavia, que se torna necessária a reflexão sobre a melhor maneira de utilizá-las e situa-las nas perspectivas atuais do ensino das Ciências. A experimentação pode intervir no ensino seguindo diferentes modalidades. É preciso identificar aquela que é imprescindível na contribuição aos trabalhos práticos em relação a outros métodos que já têm se mostrado eficazes ou que estão sendo agora difundidos (as tecnologias da informação e a comunicação). De uma maneira esquemática, pode-se dizer que se esperam diferentes tipos de resultados do ensino das Ciências em seu conjunto. Estes resultados podem ser detalhados da seguinte maneira (SÉRÉ, 2002):

1. compreender a teoria, ou seja, os conceitos, os modelos, as leis, os raciocínios específicos, que muitas vezes diferem notavelmente dos raciocínios correntes;
2. aprender toda esta teoria;
3. realizar experiência mostrando um certo número de realidades, feitos e instrumentos que utilizam teorias e procedimentos, para adquirir a experiência;
4. aprender os procedimentos e os caminhos para poder utiliza-los quando se trata de realizar outras experiências em outros contextos;
5. aprender a usar o saber teórico aprendido para que esteja presente e seja utilizado quando se trate de realizar um processo completo de pesquisa.

Pinho-Alves (2000b), coloca que aponta as metas mais comuns de aprendizado para os estudantes, têm sido: adquirir conhecimento científico, aprender os processos e métodos científicos, compreender as aplicações da Ciência, especialmente as relações entre Ciência e Sociedade, e Ciência Tecnologia e Sociedade. De acordo com essa proposta, os estudantes deveriam conhecer alguns dos principais produtos da Ciência, ter experiência com eles, compreender os métodos utilizados pelos cientistas para a

produção de novos conhecimentos e como a Ciência é uma das forças transformadoras do mundo (PINHO-ALVES, 2000b)

Para os que compartilham dessa opinião, uma condição para a melhoria da qualidade de ensino consiste em equipar as escolas com laboratórios e treinar professores para utilizá-los. Entretanto, mesmo nos países onde a tradição de ensino experimental está bem sedimentada, a função que o laboratório pode, e deve ter, bem como a eficácia em promover as aprendizagens desejadas, tem sido objeto de questionamentos, o que contribui para manter a discussão sobre a questão há alguns anos (*op. cit.*).

Dessa discussão, parece resultar uma posição unânime de desaconselhar o uso de laboratórios no esquema tradicionalmente, onde o aluno realiza atividades práticas, envolvendo observações e medidas acerca de fenômenos previamente determinados pelo professor. Em geral, os alunos trabalham em pequenos grupos e seguem as instruções de um roteiro.

O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar idéias e conceitos aprendidos nas 'aulas teóricas', descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, 'ver na prática' o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica. Não se pode deixar de reconhecer alguns méritos nesse tipo de atividade como a recomendação de se trabalhar em pequenos grupos, o que possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com as montagens e instrumentos específicos, enquanto divide responsabilidades e idéias sobre o que devem fazer e como fazê-lo; outro mérito é o caráter mais informal do laboratório, em contraposição à formalidade das demais aulas (BORGES, 2002).

As principais críticas feitas a essas atividades práticas é a de que elas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos, que muitas delas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados; que as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito do tempo disponível. Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada (COELHO et al, 2000).

Para Pinho-Alves (2000b), um dos principais problemas com o laboratório de Ciências é que se pretende atingir uma grande variedade de objetivos, nem sempre compatíveis, com um mesmo tipo de atividade.

O que é consenso entre os autores é que é preciso encontrar novas maneiras de usar as atividades experimentais, de forma mais criativa e eficiente e com propósitos bem definidos, mesmo sabendo que isso não é uma solução para os problemas relacionados com a aprendizagem de Ciências.

É necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento teórico.

Descartar a possibilidade de que os laboratórios têm um papel importante no ensino de Ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas. Sem dúvida, as teorias Físicas são construções teóricas e expressas em forma Matemática, mas o conhecimento que elas carregam só faz sentido se nos permite compreender como o mundo funciona e porque as coisas são como são e não de outra forma (AXT, 1991).

Isso não significa admitir que se possa adquirir uma compreensão de conceitos teóricos através de experimentos, mas que as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico não são isoladas. Não se trata, pois, de contrapor o ensino experimental ao teórico, mas de encontrar formas que evitem essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível aos estudantes.

3.4.1 Objetivos do laboratório

Segundo Borges (2002), alguns dos objetivos implícitos que os professores e estudantes tradicionalmente associam aos laboratórios de ciências são:

1. **Verificar leis e teorias científicas:** o teste que se pretende fazer é, em geral, de um aspecto específico de uma lei ou teoria, e não de seus fundamentos.
2. **Ensinar o método científico:** o que o professor deseja é que o aluno aprenda ou adquira uma apreciação sobre o método científico e a natureza da Ciência.
3. **Facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos:** ao desenvolver tais atividades, o professor deve ter em mente que aquilo que qualquer pessoa observa depende fortemente de seu conhecimento prévio e de suas expectativas.
4. **Ensinar habilidades práticas:** usar equipamentos e instrumentos específicos, medir grandezas físicas e realizar pequenas montagens, são coisas que dificilmente o estudante tem oportunidade de aprender fora do laboratório escolar.

3.4.2 Tipos de laboratórios

Para que se adote a experimentação no ensino é preciso que se estude o tipo de laboratório que atende aos objetivos pretendidos pelo professor ou instituição de ensino. Os principais tipos de laboratório são citados a seguir, acompanhados das suas principais características; de acordo com Pinho-Alves (2000b) são:

- **laboratório didático:** Vários investigadores apresentam e comentam as diferentes maneiras que o laboratório didático é concebido e seus possíveis enfoques ou abordagens. Nas diferentes propostas que são apresentadas por diversos autores, algumas podem não ter mais sentido nos dias de hoje ou se mostram com uma denominação um tanto artificial. Outras sofreram modificações tais que, de 'experiências demonstrativas para sala de aula', se transformaram em espetáculo lúdico-científico.

- **Experiências de cátedra ou laboratório de demonstrações:** O papel ativo é do professor, enquanto ao aluno cabe a atribuição de mero espectador. A função básica destas atividades é ilustrar tópicos trabalhados em sala de aula. Não exclui outras funções, tais como complementar conteúdo tratados em aulas teóricas; facilitar a compreensão; tornar o conteúdo agradável e interessante; auxiliar o aluno a desenvolver habilidades de observação e reflexão e apresentar fenômenos físicos. Acredita-se que este tipo de experiência seja mais motivadora para aqueles que realizam do que para quem observa.

- **Laboratório tradicional ou convencional:** A atribuição de manipular os equipamentos e dispositivos experimentais é do aluno. A atividade geralmente é acompanhada por um texto-guia, estruturado e organizado, que serve de roteiro para o aluno. Mesmo tendo uma participação ativa, a liberdade de ação do aluno é limitada, assim como o seu poder de decisão; ele fica tolhido principalmente pelas restrições estabelecidas no roteiro, e impossibilitado de modificar a montagem experimental.

- **Laboratório divergente:** Sua dinâmica de trabalho possibilita ao estudante trabalhar com sistemas físicos reais, oportunizando a resolução de problemas cujas respostas não são pré-concebidas, adicionado ao fato de poder decidir quanto ao esquema e ao procedimento experimental a ser adotado. Esse enfoque prevê dois momentos: a primeira é denominada de 'exercícios' é o momento em que os estudantes devem cumprir uma série de etapas comuns a todos os alunos da classe, prevê a descrição detalhada de experiências a serem realizadas, os procedimentos a serem adotados, as medidas a serem tomadas e o funcionamento dos instrumentos de medida, com o objetivo de familiarizar os alunos com os equipamentos e técnicas de medida, visando o treino e ambientação do aluno, preparando-o para a segunda fase. A segunda fase é denominada de 'experimentação' onde caberá ao aluno decidir qual atividade realizará, quais seus objetivos, que hipóteses serão testadas e como realizará as medidas. Após o planejamento, o aluno estabelecerá uma discussão com o professor, com o intuito de realizar eventuais correções e, principalmente, de viabilizar a atividade com o material disponível e dentro do prazo previsto.

- **Laboratório de projetos:** está mais vinculado ao treinamento de uma futura profissão, no caso, a de Físico, do que ao ensino de modo geral. Entusiasmo pela sua ampla liberdade de ação por parte do estudante, traz consigo um conjunto de infra-estrutura necessária e relativo grau de recursos financeiros.

- **Laboratório biblioteca:** consiste em experimentos de rápida execução, permanentemente montados e à disposição dos alunos, tal como os livros de uma biblioteca. O material oferecido tem como característica o fácil manuseio, de modo a permitir aos alunos a realização de dois ou mais experimentos no período reservado para a aula de laboratório. Não foge muito do tradicional, apenas a quantidade de medidas realizadas, dados tabulados e gráficos solicitados, aqui é menor. O roteiro é estruturado e pouco flexível, somente reduzido na quantidade de registros solicitados.

3.5 Categoria 5: visões diferenciadas acerca das atividades desenvolvidas no laboratório

Esta categoria diz respeito ao grau de direcionamento dado pelos estudos para o uso da componente experimental (VILLANI e NASCIMENTO, 2002; CASTRO REIGOSA e JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2000; SILVEIRA e OSTERMANN, 2002).

Villani e Nascimento (2002) colocam que novas orientações das pesquisas em educação têm mostrado a importante contribuição das investigações que privilegiam a análise da dimensão discursiva dos processos de ensino e aprendizagem de Ciências

em situações reais de sala de aula. Esses estudos destacam o papel da linguagem como elemento fundamental para a aquisição do conhecimento científico escolar.

O conhecimento científico escolar é, de fato, o resultado de um complexo processo de transposição do conhecimento científico, incorporado em manuais universitários, para o contexto do ensino médio e fundamental de Ciências.

A Ciência não requer apenas palavras com significados específicos, mas sim uma linguagem própria capaz de tornar possível o seu aprendizado e principalmente o seu desenvolvimento. A linguagem científica é, portanto, mais que o registro do pensamento científico. Ela possui uma estrutura particular e características específicas, indissociáveis do próprio conhecimento científico, estruturando e dando mobilidade ao próprio pensamento científico. O domínio da linguagem científica é uma competência essencial tanto para a prática da Ciência quanto para o seu aprendizado (VILLANI e NASCIMENTO, 2002).

De acordo com o estudo realizado por Villani e Nascimento (2002), pode-se dizer que o laboratório didático introduz elementos específicos, que facilitam o reconhecimento do contexto escolar, e aumentam a probabilidade e a necessidade dos alunos utilizarem argumentos mais adequados e completos, cuja estrutura se aproxima mais da estrutura dos argumentos científicos, em suas respostas a problemas e questões escolares. Mostram a necessidade de se planejar atividades para desenvolver a argumentação científica nos alunos do ensino médio, destacando a importância dos argumentos produzidos no laboratório didático. Seguem afirmando que estes argumentos possuem diversos graus de complexidade e apresentam uma lógica de raciocínio da escola, potencialmente capaz de mediar a aquisição de uma forma de argumentos científicos, a partir de argumentos cotidianos.

É necessário que os alunos sejam capazes de estabelecer relações entre tais elementos dentro da grande estrutura que organiza o conhecimento científico escolar. Em conseqüência, assumir que o papel da linguagem nos processos de ensino e aprendizagem de Ciências é complexo e possui intrinsecamente um caráter dual: por um lado, a linguagem é um objeto do processo de aprendizagem de Ciências, mas por outro, a linguagem é um instrumento de mediação do seu processo de ensino (CASTRO REIGOSA e JIMÉNEZ ALEIXANDRE,2000).

No primeiro caso, o professor deve estar atento às características particulares do próprio conhecimento que precisa ser ensinado na escola, considerando a importância do ensino e aprendizagem dos conceitos, princípios, leis e teorias em igualdade de importância com o ensino e aprendizagem da linguagem científica. Isto implica em uma intencionalidade do professor de ensinar os termos e as formas de organização e significação dos elementos que compõe o conhecimento científico. No segundo caso, o professor e os alunos precisam estar "sintonizados em um mesmo canal de comunicação" para produzir significados comuns para os diversos conceitos, leis, teorias e princípios que compõe o conhecimento científico escolar. Isto implica a utilização de uma linguagem que deve ser compartilhada por todos os sujeitos que participam do processo de ensino e aprendizagem para promover a aquisição do conhecimento científico escolar a partir do conhecimento cotidiano na sala de aula em questão (VILLANI e NASCIMENTO, 2002).

Castro Reigosa e Jiménez Aleixandre (2000), colocam que as atividades práticas habituais vêm sendo criticadas há tempos, já que seus resultados não são satisfatórios. Uma das alternativas propostas para modificar as atividades práticas é traça-las como problemas a resolver mais que como ilustração de teorias. A resolução de problemas

assim entendida é uma das formas de aprender, uma estratégia de ensino e não um simples exercício de uma teoria .

Alguns autores propõem converter os problemas-exercícios habituais em problemas abertos que requerem a análise qualitativa de uma situação.

Silveira e Osterman (2002), apresentam argumentos que ilustram a insustentabilidade da lógica indutiva como método de conhecimento a partir de exemplo de prática de laboratório usualmente realizada nas aulas de Física – a “descoberta da Lei do Pêndulo Simples”.

Apesar do empirismo-indutivismo constituir-se atualmente uma teoria do conhecimento ultrapassada entre epistemólogos, filósofos e historiadores da Ciência, ela ainda sobrevive no ensino da Física. Essa visão pode ser constatada através de pesquisas sobre concepções de professores, de análises de livros didáticos de Ciências e Física, de manuais de laboratório e de documentos oficiais (SILVEIRA e OSTERMAN, 2002).

3.6 Categoria 6: trabalhos de revisão

Esta categoria refere-se a artigos de revisão de trabalhos já escritos sobre as atividades experimentais (ARAÚJO e ABIB, 2002; BARBERÁ e VALDES, 1994).

Araújo e Abib (2002) elaboraram um trabalho de revisão onde foram selecionados cento e seis artigos publicados na década compreendida entre 1992 e 2001, em dois periódicos de ensino de Física nacionais Caderno Brasileiro de Ensino de Física, à época Caderno Catarinense de Ensino de Física, e Revista Brasileira de Ensino de Física abordando temas relacionados com o uso da experimentação.

Os trabalhos foram inicialmente analisados e agrupados em categorias em função de sua área temática; em uma segunda etapa estes mesmos trabalhos foram analisados, procurando detectar diferentes aspectos metodológicos relacionados com as atividades experimentais desenvolvidas, tal como apresentado resumidamente a seguir:

a) Ênfase Matemática- análise dos trabalhos, procurando verificar a ênfase matemática adotada na abordagem dos conceitos físicos, ou seja, o nível de matematização e de utilização do formalismo matemático, classificando os trabalhos, neste momento, em qualitativos e quantitativos.

b) Grau de Direcionamento- verificação do grau de direcionamento das atividades propostas em função de seu caráter de demonstração, verificação ou investigação e, neste sentido, tentar investigar se estas atividades apresentam elementos que as aproximariam mais do ensino tradicional ou se elas apresentariam maior afinidade com métodos investigativo de uma abordagem construtivista.

c) Uso de Novas Tecnologias- identificar o uso de novas tecnologias, com o emprego de computadores e programas específicos para atividades práticas de laboratório ou de simulação.

d) Cotidiano- verificar se o texto dos artigos relacionava os fenômenos físicos abordados com situações típicas encontradas no cotidiano, observando nestes casos se os conceitos estudados poderiam ser utilizados como explicações causais para os fenômenos ligados ao dia a dia.

e) Montagem de Equipamentos – classificação dos artigos que procuravam explicitar a montagem de determinados equipamentos, abordando detalhes envolvidos em sua confecção e fornecendo possíveis explicações para os mesmos.

A análise dos dados mostrou um certo predomínio de trabalhos na área de Mecânica, o que pode ser considerado previsível, em virtude da vasta gama de possibilidades de temas que podem ser explorados nesta área e da importância que se dá a esse estudo nos cursos do ensino médio. Os trabalhos abordando conceitos de Eletricidade e Magnetismo e Ótica também apresentam destacado número de publicações, de modo que, juntamente com Mecânica, correspondem a aproximadamente 74 % de todos os artigos analisados. Merece destaque ainda o pequeno número de trabalhos sobre conceitos de Física Moderna, pois este tema não é normalmente abordado no ensino médio, o que pode ser justificado em grande parte pelas deficiências formativas dos professores (ARAÚJO e ABIB, 2002).

Barberá e Valdez (1994) também fizeram um trabalho de revisão e concluem afirmando que, sem dúvida, o trabalho prático e, em particular, a atividade de laboratório, constitui um fato diferencial próprio do ensino das Ciências. Há quase trezentos anos que John Locke propôs como necessária aos estudantes a realização de trabalho prático em sua educação, e ao final do século XIX já fazia parte integral do currículo de Ciências na Inglaterra e nos Estados Unidos. Desde então, tem-se mantido a fé imutável na tradição que assume a grande importância do trabalho prático para o ensino das Ciências.

Seguem afirmando que esta crença na utilidade do trabalho prático também tem suas críticas desde o início. Já em 1892 se recolheu testemunhos delas: “há poucos anos os professores recorrem aos métodos de laboratórios para ilustrar os livros de textos; hoje parece tão necessário recorrer à utilização do livro texto para tornar claro o caótico trabalho de laboratório” (MOYER, 1976 *apud* BARBERÁ e VALDEZ, 1994).

A maioria das pesquisas realizadas para estudar a efetividade do trabalho prático no ensino das ciências não tem mostrado resultados conclusivos e o papel que este tem ocupado nos currículos de Ciências, no transcorrer deste nosso século, tem sido sempre objeto de controvérsia.

Barberá e Valdez (1994) afirmam que as pesquisas que se dedicam a comprovar sua eficiência, em sua maioria concluem que os alunos têm obtido pouco, se é que algum, benefício do trabalho prático realizado.

Assim, mesmo o trabalho prático sendo habitualmente considerado inestimável no ensino das Ciências, a pesquisa parece mostrar que nem sempre é tão valioso para sua aprendizagem. De fato, se compararmos com o entusiasmo existente nos anos sessenta, agora há menos confiança entre os pesquisadores no que diz respeito ao uso do laboratório e ao fato de que trabalho de campo ajude realmente os alunos a melhorar aquisição de conceitos científicos (BUCHAN e JENKINS, 1992; THIJS e BOSCH, 1995 *apud* BARBERÁ e VALDEZ, 1994).

3.7 Categoria 7: ênfase na realização de experimentos

Esta categoria contempla artigos que abordam detalhes de confecção de materiais e suas possíveis aplicações; exemplos de atividades práticas que foram realizados com grupos de alunos (BERNADINO LOPES, 2002; GIL PEREZ e VALDES CASTRO, 1996).

Bernadino Lopes (2002) realizou pesquisa didática sobre o trabalho experimental em Física. O marco teórico no qual se baseou apoia-se em três aspectos: a) a formação de conceitos de Física; b) a natureza evolutiva de sua aprendizagem; e c) o papel do

professor no processo de construção do conhecimento. Por conseguinte, o problema de pesquisa foi o de saber de que modo se pode desenvolver competências variadas relativas à utilização de conceitos de Física, utilizando o trabalho experimental clássico melhorado por auxiliares didáticos.

O estudo sobre a utilização e a utilidade, em aula, de auxiliares didáticos na exploração de um trabalho experimental e na promoção do desenvolvimento conceitual dos alunos assume uma importância fundamental. Assim, se concebeu como hipótese de trabalho, para cada atividade experimental, um “auxiliar didático de desenvolvimento conceitual através do trabalho experimental” (ADDCTE), a partir de um modelo geral.

Os ADDCTE são ferramentas didáticas elaboradas a partir dos protocolos experimentais tradicionais que se podem prever para uma unidade de ensino. São ferramentas para o professor e não para os alunos. Os ADDCTE têm essencialmente as funções de ajudar a refletir e a melhorar o planeamento do ensino experimental do professor na aula inclusive e de servir de referência para a gestão das atividades experimentais em aula, incluindo sua discussão (BERNADINO LOPES, 2002).

O principal objetivo deste trabalho foi o de avaliar a importância, utilidade e condições de utilização dos ADDCTE como ferramenta didática para promover o desenvolvimento de conceitos físicos, de um determinado domínio através do trabalho experimental.

A hipótese trabalhada foi a de que os ADDCTE, ao ajudar professores a concretizar e enquadrar os aspectos conceituais de cada atividade experimental facilitaria a necessidade de serem retomadas. Desta forma, estes aspectos conceituais deveriam estar presentes e desenvolver-se em outros contextos (BERNADINO LOPES, 2002)

Gil Perez e Valdés Castro (1996) apresentaram uma remodelagem para prática experimental habitual, no intuito de convertê-la no que se pensa ser próximo de uma pesquisa dirigida. Para esses autores, uma prática de laboratório que pretenda aproximar-se de uma pesquisa tem de deixar de ser trabalho exclusivamente experimental e integrar muitos outros aspectos da atividade científica igualmente essenciais.

Gil Perez e Valdés Castro (1996) destacam uma série de aspectos cuja presença consideram fundamental para permitir que se fale de uma orientação investigativa das práticas. Esses aspectos foram agrupados em 10 pontos, apresentados, resumidamente a seguir:

1. Apresentar situações problemáticas abertas, com um nível de dificuldade adequado;
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas, que dêem sentido ao seu estudo e evite um estudo descontextualizado, socialmente neutro;
3. Potencializar as análises qualitativas, que ajudem a compreender e a delimitar as situações colocadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. Estabelecer a emissão de hipóteses como atividade central da investigação científica, suscetível de orientar o tratamento das situações e de tornar explícitas, funcionalmente, as pré-concepções dos estudantes;
5. Dar toda importância à elaboração de delineamentos e ao planejamento da atividade experimental pelos próprios estudantes;

6. Estabelecer a análise cuidadosa dos resultados à luz do campo de conhecimento disponível, das hipóteses manejadas e dos resultados dos outros grupos de estudante;
7. Estabelecer a consideração de possíveis perspectivas e contemplar as implicações CTS do estudo realizado;
8. Solicitar um esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado para a construção de um corpo coerente de conhecimento, assim como as possíveis implicações em outros campos de conhecimentos;
9. Conceder uma especial importância à elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam servir de base para ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
10. Potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico organizando equipes de trabalho e facilitando a interação entre cada equipe e a comunidade científica representada na aula pelos outros grupos, pelo corpo de conhecimento já construído (nos textos e livros), pelo professor como especialista, etc...

Os autores alertam para o fato de que esses dez pontos não constituem nenhum algoritmo a ser seguido linearmente e sim uma recordação da extraordinária riqueza da atividade científica e uma chamada de atenção contra os reducionismos habituais.

De uma forma geral, o levantamento bibliográfico evidencia a pertinência de se aplicar estratégias inovadoras de ensino, dentre as quais, as aulas experimentais assumem um importante papel. Ressalta-se que existem várias formas, finalidades e vertentes para se conduzir uma aula incorporando as atividades experimentais.

Pode-se dizer, a partir dessa revisão, que o trabalho experimental ainda não tem um papel muito claro no processo ensino-aprendizagem de Ciências; mas a maioria dos

investigadores dessa área acredita que o trabalho experimental facilita o desenvolvimento de capacidade e habilidades científicas por parte dos aprendizes, os quais os capacitam para atuarem na sociedade de modo mais eficaz e consciente.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste estudo introduzimos atividades experimentais em sala de aula, procurando promover a interação teoria/prática com o objetivo de facilitar a aprendizagem significativa de conceitos de Física em nível de ensino médio. Acreditamos que o fato de mudar a rotina em sala de aula, dessa forma, poderia levar os alunos assumirem o compromisso de aprender efetivamente o conhecimento apresentado, ponto fundamental para a aprendizagem significativa dos conteúdos a serem ensinados.

A base teórica deste estudo é a da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Este autor explica o processo de aprendizagem segundo o ponto de vista cognitivista. Para ele, a aprendizagem resulta no armazenamento organizado de informações na mente do aprendiz, a estrutura cognitiva.

A idéia central de sua teoria é a da aprendizagem significativa, entendida como “o processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva, não literal e não arbitrária, à um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA 1999a).

A aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva.

É a estrutura cognitiva, entendida como conteúdo total de idéias de um certo indivíduo e sua organização; ou, conteúdo e organização de suas idéias em uma área particular de conhecimentos. É complexo resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza conhecimento (MOREIRA,1999b p153.).

Ou seja, o conteúdo previamente retido pelo indivíduo representa um forte influenciador do processo de aprendizagem. Novos dados serão assimilados e

armazenados na razão direta da qualidade da estrutura cognitiva prévia do aprendiz. Esse conhecimento anterior resultará num "ponto de ancoragem" onde as novas informações irão encontrar um modo de se integrar àquilo que o indivíduo já conhece.

Novas idéias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem dessa forma, como ponto de ancoragem às novas idéias e conceitos" (MOREIRA, 1999b p. 153).

A aprendizagem significativa ocorre com a relação entre a nova informação e a estrutura de conhecimentos prévios específicos do indivíduo. Esse conhecimento é chamado de subsunçor, que serve de base para a recepção da nova informação; "eles surgem nos indivíduos desde criança, quando começam constatar os objetos à sua volta e passam a identificá-los e rotulá-los" (MOREIRA, 1999a, p.45).

Os subsunçores se modificam, tornando-se mais abrangentes e organizados ao longo do processo de aquisição de conhecimento, relacionando-se com as informações recebidas.

Essa experiência cognitiva, porém, não influencia apenas unilateralmente; apesar da estrutura prévia orientar o modo de assimilação de novos dados, estes também influenciam o conteúdo atributivo do conhecimento já armazenado, resultando numa interação evolutiva entre os dados anteriores e os novos. Esse processo de associação de informações inter-relacionadas denomina-se aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999a).

Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos.

Estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo (MOREIRA, 1999b).

Em contrapartida, Ausubel também coloca a ocorrência da aprendizagem mecânica, que é aquela que encontra muito pouca ou nenhuma informação prévia na estrutura cognitiva com a qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária. Em geral, envolve conceitos com um alto ou total teor de "novidade" para o aprendiz.

Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica (MOREIRA, 1999b p.153).

Dessa forma, a aprendizagem significativa é preferível à aprendizagem mecânica, ou arbitrária, pois constitui um método mais simples, prático e eficiente de internalizar o conhecimento. Muitas vezes um indivíduo pode aprender algo mecanicamente e só mais tarde perceber que este se relaciona com algum conhecimento anterior já dominado. No caso, ocorreu então um esforço e tempo demasiado para assimilar conceitos que seriam mais facilmente compreendidos se encontrassem uma "âncora", ou um conceito subsunçor, existente na estrutura cognitiva. Obviamente, a aprendizagem mecânica não se processa num "vácuo cognitivo, pois algum tipo de associação pode existir, porém, não no sentido de interação como na aprendizagem significativa.(MOREIRA, 1999 p. 14)

No entanto, a aprendizagem mecânica é sempre necessária para o sujeito adquirir informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Essas informações, adquiridas dessa forma, poderão servir de subsunçor para novas

aprendizagens e, de acordo com a ocorrência de aprendizagem significativa, esses subsunçores vão ficando mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações (MOREIRA, 1999b).

Outro processo descrito por Ausubel para a formação dos subsunçores é a formação de conceitos, “que envolve a generalização de instâncias específicas”. A partir desse processo, os novos conceitos são adquiridos através do que é chamado de assimilação e dos princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOREIRA, 1999b).

A assimilação ocorre da seguinte forma: a nova informação é relacionada e assimilada pelo conceito subsunçor existente na estrutura cognitiva, formando um produto interacional diferente do existente anteriormente, gerando o subsunçor modificado. Os dois conceitos são modificados nesse caso, tanto o subsunçor quanto o conceito assimilado.

Ou seja, a assimilação é o processo que ocorre quando uma idéia, conceito ou proposição, potencialmente significativo, é assimilado sob uma idéia, conceito ou proposição, isto é subsunçor, A, já estabelecido na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo (MOREIRA, 1999a, p.24).

Na interação entre o conceito **A** – subsunçor e **a** – nova informação, ambos são modificados. Os produtos dessa interação **A'** e **a'** permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade ou complexo ideacional. **A'** e **a'** (MOREIRA, 1999 a p. 24).

A assimilação não é algo que termina após a aprendizagem significativa; o significado das novas idéias tende ao longo do tempo a ser assimilado ou reduzido, pelos significados mais estáveis dos conceitos estabelecidos. Após a aprendizagem, as

novas idéias tornam-se menos dissociáveis da estrutura cognitiva “até não ser mais possível reproduzi-la isoladamente nem se poder dizer que houve esquecimento” (MOREIRA, 1999a, p. 24).

Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel propõe que a programação do conteúdo a ser ensinado obedeça basicamente à dois princípios básicos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Moreira diz que diferenciação progressiva é:

O princípio segundo o qual as idéias mais gerais e mais inclusivas da matéria de ensino devem ser apresentadas no início do ensino para, somente então, serem progressivamente diferenciadas em seus pormenores e em suas especificidades (MOREIRA, 1999 a, p.51).

Ausubel afirma que é mais fácil captar aspectos diferenciados de um modo mais inclusivo, previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir das suas partes diferenciadas. As idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura conceitual do indivíduo e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (MOREIRA, 1999 a).

Ao estabelecer relações entre as proposições, o indivíduo estará caminhando para a reconciliação integrativa.

Ausubel esclarece que se trata de relações que o aprendiz faz dos novos conceitos com aqueles já existentes na sua estrutura cognitiva. Assim, novas informações são adquiridas e elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados (MOREIRA, 1999b).

Segundo Novak:

Para se atingir a reconciliação integrativa de forma mais eficaz, deve-se organizar o ensino “descendo e subindo” nas estruturas conceituais e hierárquicas à medida que a nova informação é apresentada. Isto é, começar com conceitos mais gerais, ilustrando logo em seguida como os conceitos

subordinados (intermediários) estão com eles relacionados, introduzindo finalmente os mais específicos para, então, se voltar, por meio de exemplos, à novos significados para os conceitos de ordem mais geral na hierarquia (MOREIRA, 1999 a p. 52).

Neste estudo levamos em conta que o conhecimento sobre os fenômenos físicos por parte dos alunos tem uma outra linguagem; o reconhecimento dos fenômenos físicos como aqueles vistos no dia a dia são descritos pelos alunos de forma diferente da conotação científica. Dessa forma, nas aulas expositivas desenvolvidas neste estudo, buscamos relacionar o conhecimento prévio dos alunos aos conceitos científicos utilizando, para isso, atividades experimentais, procurando estabelecer uma integração teoria/prática em sala de aula.

O conhecimento prévio do aluno seria, portanto, a “âncora” para a assimilação do conhecimento científico, promovido pela integração entre o conteúdo teórico pertinente e as atividades experimentais.

Há, pois, um processo de interação no qual conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com o novo material, servindo de ancoradouro, incorporando-o e assimilando; porém, ao mesmo tempo, modificando-se em função dessa ancoragem (MOREIRA, 1999b p. 12).

Para Ausubel, o armazenamento de informações na mente humana é altamente organizado, na qual elementos mais específicos de conhecimentos são ligados a conceitos, idéias e proposições mais gerais e inclusivas. Ele diz, “a essência do processo de aprendizagem significativa é que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (*i.e* um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativos” (AUSUBEL 1978 *apud* MOREIRA 1999a p. 20).

Para a ocorrência da aprendizagem significativa não só a linguagem utilizada pelo professor precisa estar de acordo com o conhecimento prévio do estudante, mas também é necessário que o aprendiz manifeste disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material à sua estrutura cognitiva e o material também deve ser *potencialmente significativo* (MOREIRA, 1999a).

A condição de que o material seja potencialmente significativo envolve dois fatores principais, ou duas condições subjacentes, quais sejam: a natureza do material em si; e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto à natureza do material, ele deve ser "*logicamente significativo*", isto é ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado ao conhecimento prévio do aprendiz. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, este deve estar disposto a relacionar de maneira substantiva o novo material à sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999a). Para que o processo ocorra, portanto, é preciso que o material seja potencialmente significativo; em essa condição não há aprendizagem significativa.

Para que se atinja a aprendizagem significativa é preciso, portanto, um encadeamento de atitudes e procedimentos por parte do professor, que vai desde a preparação do material até a linguagem utilizada, além da predisposição do aluno para a aprendizagem. Esses foram fatores que direcionaram a preparação e realização do estudo aqui desenvolvido.

As orientações dadas imediatamente antes e durante cada experimento foram implementadas procurando fazer com que os alunos relacionassem cada idéia ou contexto a ser aprendido à conhecimentos que, acreditamos, já faziam parte da sua rotina, aos fenômenos conhecidos por todos. De acordo com as manifestações dos alunos nesse momento, o procedimento foi o de procurar estabelecer as relações e

interações entre as idéias e conceitos a serem aprendidas e aqueles já existentes no conhecimento prévio dos alunos, as 'âncoras' ou subsunçoes.

5 O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO E O SEU CONTEXTO

O estudo foi realizado em uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal. o CEM 04 de Ceilândia Dentre as de segundo ano do ensino médio daquela escola, uma foi submetida ao tratamento da pesquisa, com atividades experimentais inseridas ao longo das aulas.

O objetivo principal do estudo não foi o de aumentar o rendimento dos alunos em termos notas, mas sim o de estimular um ensino mais voltado para a aprendizagem significativa dos conteúdos, diminuindo, assim, o estigma de que Física é uma disciplina difícil. Um melhor desempenho do grupo de alunos submetido ao tratamento, seria decorrência natural da ocorrência da aprendizagem significativa, promovida pelo tratamento diferenciado que receberam.

5.1 Das condições de trabalho

Durante o segundo semestre de 2005 um grupo de 23 alunos foi submetido ao tratamento no qual se tentou promover a integração teoria-prática, procurando identificar e relacionar o conhecimento prévio dos alunos nesse contexto, na tentativa de facilitar a aprendizagem significativa dos conteúdos em questão.

Os experimentos selecionados foram os relativos à: pêndulo simples, sistema massa mola (Movimento Harmônico Simples), associação dos espelhos planos, decomposição da luz branca, composição da luz branca.

Escolhemos esses tópicos para a realização das atividades experimentais porque, pela nossa experiência, percebemos dificuldades para apreensão dos conceitos, leis e

princípios envolvidos, por parte dos alunos. Tais dificuldades se evidenciam sempre que se trabalha com esses conteúdos e os professores da disciplina já as identificaram há algum tempo.

Com relação às condições de trabalho para o desenvolvimento desse estudo, na escola onde esta mestranda é docente, deve-se esclarecer que a escola tem espaço para laboratório, como a maioria das escolas da rede pública de ensino médio no DF. No entanto, as condições de trabalho são desfavoráveis para o docente, pois faltam recursos humanos e materiais que viabilizem, a contento, o desenvolvimento de atividades experimentais nesse espaço.

O espaço designado “laboratório” nessa escola é semi-abandonado, com equipamentos caros, porém quebrados, com kits incompletos e sem os respectivos manuais, o que praticamente inviabiliza a sua utilização. Além disso, não há funcionário designado para cuidar da limpeza do local: fica a cargo do professor lavar as vidraçarias que usar e deixar o local organizado. Portanto, esse ambiente, não é um laboratório de Ciências propício para o bom andamento das atividades experimentais a serem realizadas; na verdade é apenas um espaço físico da escola que é chamado de laboratório. No entanto, os alunos foram encaminhados para esse espaço do colégio, para o desenvolvimento das atividades experimentais, porque lá tem bancadas.

Acreditamos que a função do laboratório de Ciências nas escolas não deve ser a de substituir todos os procedimentos de ensino, mas sim o de funcionar como mais um espaço, integrado à sala de aula, como mais um componente facilitador dos processos de ensino e de aprendizagem.

Todavia, nem sempre as escolas podem contar com um laboratório que possua as condições mínimas para a realização das atividades experimentais. Acreditamos que tal

realidade se deve às contradições criadas pela própria estrutura do sistema educacional, quando propõem uma política pedagógica que não coincide com a realidade concreta das escolas e com as próprias condições de trabalho docente.

Por outro lado, existe, por parte dos professores, consciência do papel motivador da experimentação e de sua importância na aprendizagem de seus alunos, assim como um anseio de mudança dessa realidade.

Para compreendermos melhor a o contexto da pesquisa, seguem algumas fotos do local designado ao laboratório da escola:



Figura1: os armários do laboratório



Figura 2: a condição do teto do laboratório



Figura 3: disposição das cadeiras, banco e bancadas no laboratório

5.2 Material utilizado

Devido à ausência de materiais na escola, para a realização deste estudo, pensamos inicialmente em criar um laboratório com recursos próprios, adquirindo kits que envolvessem os conteúdos em questão. Isto não foi possível, pelo alto custo desse investimento.

Para viabilizar o desenvolvimento da pesquisa buscamos alternativas para que o estudo fosse conduzido na vertente previamente definida. Essa busca nos levou ao estabelecimento de uma parceria com a Universidade Católica de Brasília (UCB), através da qual essa instituição faria o empréstimo do material para realização do estudo.

À época da realização deste estudo instalava-se na UCB, um curso de projeto FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos -, para professores de Física da rede pública, do qual a autora deste trabalho participou. Com retorno salarial e profissional (recebe-se certificado de extensão), a participação nesse curso deu direito ao recebimento de materiais (pequenos kits) para a realização de experimentos, totalmente gratuitos, que podem ser utilizados em sala de aula, com os alunos do ensino médio. O grupo que participou desse curso (em torno de 35 professores) tiveram a tarefa de aplicar em sala de aula este material, para produzir um texto sobre o desenvolvimento de seu trabalho experimental.

Portanto, o material para a realização das atividades experimentais foi cedido pela Universidade Católica de Brasília tal como segue: pêndulo simples (4 unidades), cronômetro (4 unidades), transferidor (4 unidades), espelhos planos (8 unidades), disco

de Newton (1 unidade), espectômetro de mão (8 unidades), sistemas massa-mola (4 unidades).

¹Seguem imagens dos materiais fornecidos pela UCB:

Figura 4: Espectômetro de mão, para o estudo da decomposição da luz branca.



¹ Essas fotografias foram tiradas na UCB, em 11/10/2006, com o objetivo de ilustração.

Figura 5: Pêndulo simples, utilizado para proceder estimativas da gravidade local.

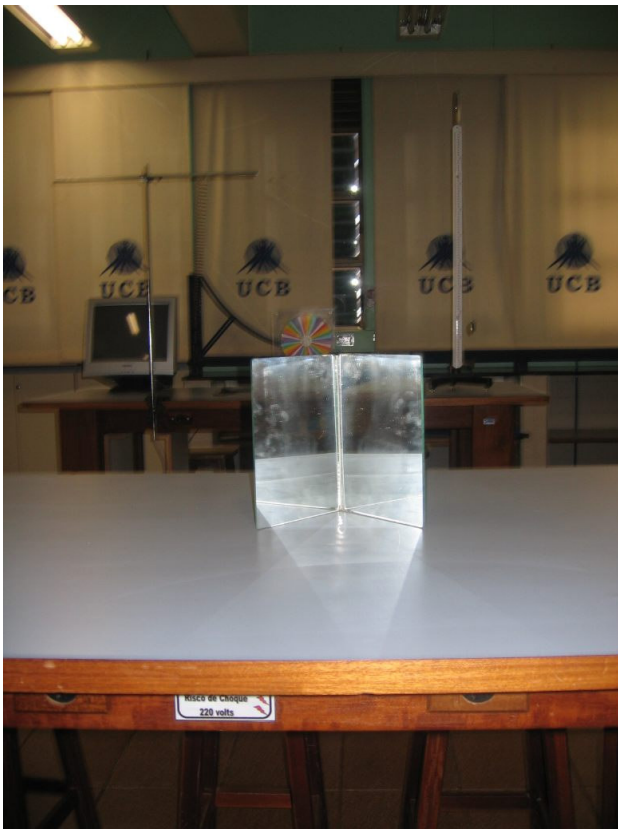


Figura 6: Associação de espelhos planos, para o estudo das características dos espelhos planos.

Figura 7: Disco de Newton utilizado no estudo da composição da luz branca.



Figura 8: Sistema massa-mola, para o estudo das características do MHS.

6 O PRODUTO EDUCACIONAL

Nesta seção descrevemos e justificamos os materiais construídos para implementar a proposta do nosso estudo. Tais materiais constituirão a essência do produto educacional resultante deste trabalho, o qual será disponibilizado aos professores interessados.

Todas as aulas cujos planos são explicitados serão conduzidas em termos de discussões promovidas, mediadas e dirigidas pela docente, na tentativa de promover a integração teoria-prática em sala de aula. Para tal, é colocada uma situação problema, traduzida em termos da colocação de questões, as quais tratam sobre o conteúdo/tema a ser tratado na aula.

As discussões deverão ocorrer procurando envolver os principais conceitos inerentes ao conteúdo em questão, presentes e identificados na atividade experimental, tentando relacioná-los ao conhecimento prévio dos alunos, principalmente àqueles presentes no seu dia-a-dia.

Na tentativa de encontrar evidências sobre a facilitação da aprendizagem significativa pelo processo de promoção da integração teoria-prática em sala de aula, desenvolvemos nossas atividades docentes dessa forma.

6.1 Plano de aula: pêndulo simples

O objetivo dessa aula é o de determinar o período de oscilação de um pêndulo simples e verificar a sua dependência dos outros parâmetros envolvidos no movimento deste dispositivo. Nesse contexto, os objetivos de estimar o valor de g

(aceleração da gravidade) e de explicitar as principais características do MHS deverão também ser alcançados para que o aluno identifique as principais grandezas físicas envolvidas no movimento do pêndulo simples.

Para que os objetivos acima sejam atingidos a apresentação do conteúdo é feita por meio de discussões promovidas, mediadas e dirigidas pelo professor no decorrer das aulas.

Elaboração da situação-problema

Para despertar o interesse dos alunos para a atividade experimental e promover a compreensão do conteúdo em questão, foi preparada uma seção de problemas a serem postos em discussões. Assim, espera-se, o contato com o assunto seria mais proveitoso e os alunos seriam motivados, pela discussão, a relacionar os eventos em pauta com aqueles, pertinentes, presentes no seu cotidiano.

Para este experimento a situação-problema é colocada em termos das questões:

1. O que é um pêndulo simples?
2. Você identifica exemplos de pêndulo simples no seu dia-a-dia? Quais seriam?
3. Para que serve a pêndulo simples?
4. Qual a dependência do pêndulo simples com o comprimento do fio, com a massa e com o ângulo que o fio faz com a vertical durante a oscilação?
5. Você pode identificar as principais características do MHS no movimento do pêndulo simples? Quais seriam? Explique suas conclusões a respeito dessa questão.

Tempo da Atividade: aproximadamente 3 aulas

Material utilizado: cronômetro; transferidor; pêndulo de fio fino; duas massas diferentes; régua de 1m.

Em um primeiro momento, o trabalho envolve a integração dos alunos e discussão sobre a relação entre o tema previamente estudado em sala de aula e o experimento. Em um segundo momento, a atividade experimental, em si, é desenvolvida; os alunos são levados a desenvolver uma discussão, tentando relacionar aquilo que observam no experimento com o conteúdo teórico correspondente com os fenômenos que podem observar ao seu redor.

6.2 Plano de aula: sistema massa-mola

O principal objetivo dessa aula é o de determinar o período de oscilação de um sistema massa mola e verificar a sua dependência dos outros parâmetros envolvidos. Além disso, um outro objetivo importante é o de identificar as principais características do MHS.

Elaboração da situação-problema

Para propiciar aos alunos, situações frutíferas que os levem a estabelecer relações entre aquilo que ele observa ao desenvolver atividade experimental e os conceitos previamente estudados, procurando facilitar a aprendizagem significativa, serão realizadas discussões relativas às principais questões da atividade experimental:

1. O que é um sistema massa mola?
2. Identifique neste experimento as principais características do MHS.
3. Qual é a dependência entre o período do sistema massa mola e a massa do sistema e a constante elástica da mola?

Tempo da Atividade: aproximadamente 2 aulas.

Material utilizado: cronômetro; molas; duas massas diferentes.

A aula deverá se desenvolver priorizando as discussões sobre os principais conceitos/idéias envolvidas na atividade experimental, relacionando-os a eventos já conhecidos dos alunos e presentes no seu dia-a-dia.

6.3 Plano de aula: espelhos planos

O objetivo dessa aula é o de compreender o processo de formação de imagem pelos espelhos planos, explicitando suas características e analisando associação de espelhos.

Elaboração da situação-problema

A resolução da situação-problema deverá transcorrer em forma de discussão sobre as questões diretoras propostas, relacionando os conceitos envolvidos à atividade experimental e aos eventos já conhecidos pelos alunos, pertinentes à situação. Para isso, as questões colocadas são:

1. O que é um espelho plano?
2. Como se dá a formação de imagens pelos espelhos planos?
3. Quais os tipos e as características das imagens formadas pelos espelhos planos?
4. Quais as situações onde são utilizadas as associações de espelhos planos e para quê?

Tempo da Atividade: aproximadamente 3 aulas.

Material Utilizado: espelhos planos; transferidor; um pequeno objeto; uma folha de papel.

6.4 Plano de aula: composição e decomposição da Luz branca

O principal objetivo de cada um dos experimentos é apresentado a seguir:

1. Estudo qualitativo do processo de dispersão da luz branca através de um prisma.
2. Estudo qualitativo do processo de composição da luz a partir das componentes primárias.

Elaboração da situação-problema

A situação-problema foi estabelecida em termos das questões:

1. O que são cores primárias?
2. O que são cores secundárias?
3. Quais são os tipos de luz?
4. O que é a luz branca?
5. Como a luz branca pode ser decomposta?
6. Como se dá a composição da luz branca?

Tempo da Atividade: aproximadamente 3 aulas.

Material Utilizado: espectômetro de mão e um disco de Newton.

6.5 Roteiros de apoio para as atividades experimentais

Para cada uma das atividades experimentais, incorporadas às aulas com o intuito de promover a integração teoria-prática e conduzidas por meio de discussões dirigidas pela docente, foi elaborado um material de suporte, que convencionamos chamar de **roteiro de apoio**.

Cada um desses roteiros contém um texto curto sobre os fundamentos teóricos mínimos que dão suporte à atividade, os objetivos a serem alcançados, os materiais a serem utilizados e o procedimento a ser seguido para efetuar a tomada de dados.

Os textos sobre os fundamentos teóricos, são curtos e contém apenas as idéias básicas sobre o tema a ser tratado na atividade experimental. Isso porque tais conteúdos já tinham sido tratados previamente em sala de aula e, portanto, não nos interessava apresenta-los em forma de texto, em nível mais aprofundado. O tratamento dos principais conceitos referentes à atividade experimental em questão, deveria ser feito durante as aulas, promovendo a integração teoria-prática, da forma prevista para no estudo visando a aprendizagem significativa de tais conceitos.

6.5.1 Roteiro de Apoio 1

Atividade experimental: o pêndulo simples

Leia com atenção e desenvolva as atividades propostas em cada uma das seções ou etapas deste roteiro, para garantir um bom resultado para o seu trabalho.

Fundamentos Teóricos

Um pêndulo simples consiste de um fio leve e inextensível (que não estica) de comprimento L , tendo na sua extremidade inferior, por exemplo, uma esfera de massa

m ; a extremidade superior é fixa em um ponto, tal que ele possa oscilar livremente (consideremos a resistência do ar desprezível), com amplitudes pequenas ($\theta_{\text{máximo}} = 10^\circ$).

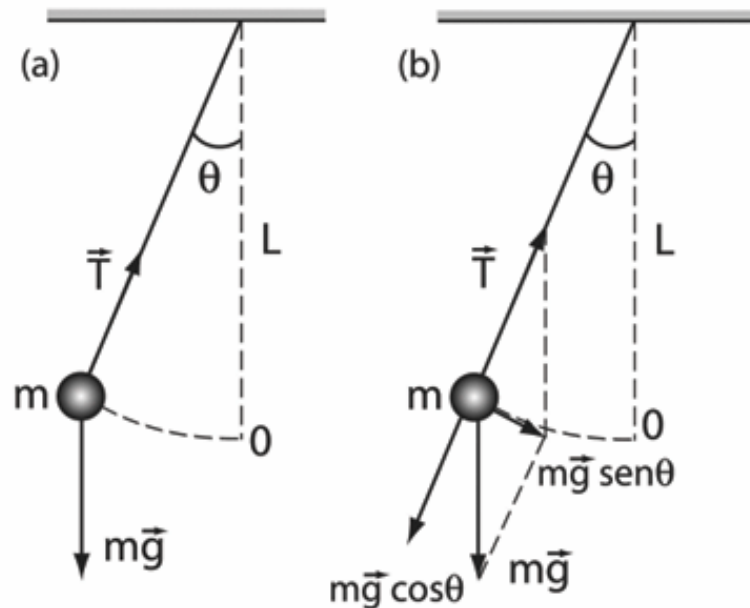


Figura 1 - (a) Representação do pêndulo simples, no instante inicial, e das forças que agem na partícula de massa m . (b) Em destaque as componentes radial e tangencial da força peso à trajetória.

Quando o pêndulo é deslocado de sua posição de equilíbrio e solto, ele oscila sob a ação da força peso, apresentando um movimento periódico. Chamamos de movimento harmônico, qualquer movimento que se repete a intervalos regulares de tempo. As forças que atuam sobre a esfera de massa m são: a força peso \mathbf{p} e a força de tração \mathbf{T} , que o fio exerce sobre a esfera em qualquer instante.

Considerando um sistema de eixos cartesianos tal que o eixo x seja tangente à trajetória da massa e o eixo y na direção do raio da trajetória (direção do fio), temos as componentes da força peso como sendo:

- $p_x = p \cdot \sin\theta = m \cdot g \cdot \sin\theta$ e $p_y = p \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot \cos\theta$

Quando o ângulo θ for muito pequeno (10°) podemos fazer a aproximação de que $\sin\theta \approx \theta$. Neste caso, o pêndulo executa um movimento harmônico simples (MHS).

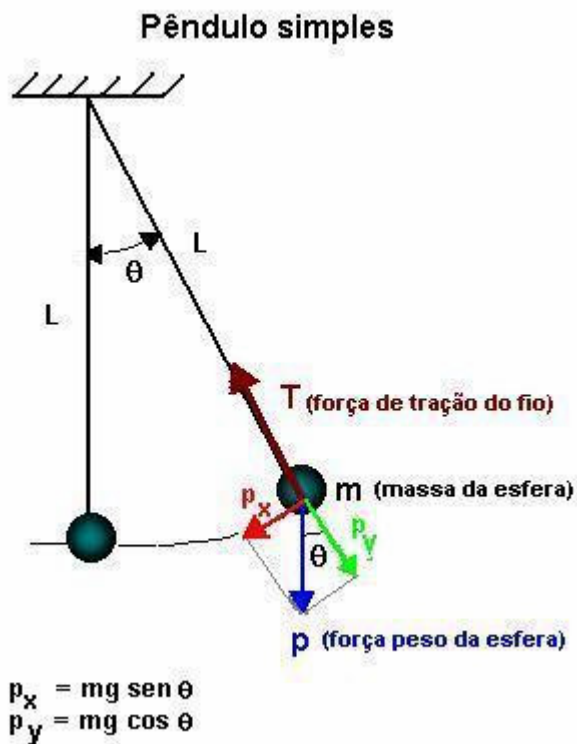


Figura 10: ilustração de um pêndulo simples oscilando. Invertendo o seu deslocamento, não alteramos o seu período.

O MHS é um movimento periódico que se desenvolve de um modo particular; neste tipo de movimento periódico, o deslocamento do corpo (no nosso caso a massa m) em relação a origem é dependente do tempo. A principal característica do MHS é a de que sobre a massa atua uma força restauradora que é tangente ao movimento e tem sinal contrário do deslocamento. No MHS temos, então, grandezas característica do movimento periódico: o período, a freqüência, a amplitude. O período do pêndulo

simples é dado pela expressão: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

Onde:

T= período (s);

L= comprimento do fio (m);

g= aceleração da gravidade (m/s^2).

O Pêndulo Simples, através da expressão acima, também fornece um método para medições do valor de g, a aceleração da gravidade. Podemos determinar L e T, usando equipamentos de um laboratório de ensino, e estimar o valor de g, através da seguinte expressão:

$$g = 4\pi^2 L/T^2$$

Para chegar à expressão acima, fizemos o seguinte procedimento matemático:

Da equação geral temos que:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Passando o número que está fora da raiz para o membro inverso com a função inversa:

$$\frac{T}{2\pi} = \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Passando a função inversa da raiz para o membro oposto:

$$\left(\frac{L}{g}\right) = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

Realizando o produto do meio que é igual o produto dos extremos, chegamos a seguinte relação:

$$T^2 g = 4\pi^2 L$$

Finalmente, deixando apenas g, no primeiro membro temos que:

$$g = 4\pi^2 L/T^2$$

Como já dissemos, nesse tipo de movimento existe uma força restauradora que tende a trazer ou manter o sistema na posição de equilíbrio. Este fato constitui a principal característica do Movimento Harmônico Simples (MHS).

Procedimento Experimental: medida da aceleração da gravidade

Objetivos:

- ✓ Determinar o período de oscilação de um pêndulo simples e verificar a sua dependência com os outros parâmetros envolvidos.
- ✓ Estimar o valor de g local (aceleração da gravidade).

Materiais:

- ✓ Cronômetro ;
- ✓ Transferidor;
- ✓ Pêndulo de fio fino;.
- ✓ Duas massas diferentes;
- ✓ Régua de 1m.

Procedimentos:

1. Faça variações no comprimento (L) do pêndulo e determine o respectivo período para cada um desses comprimentos (coloque o pêndulo próximo à borda da mesa e trabalhe com uma pequena amplitude de oscilação equivalente a, no máximo, $\theta = 10^\circ$).

Efetue as medidas necessárias e complete a tabela abaixo. Seja cuidadoso na obtenção das medidas de tempo. Mantenha os outros parâmetros constantes.

Comprimento L (m)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
0,5		
0,7		
0,8		
0,9		
1,0		

Tabela 1 : registro de dados

2- Repita o procedimento acima para massas diferentes, mantendo os outros parâmetros constantes.

Massa (Kg)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
M₁		
M₂		

Tabela: 2 registro de dados

3- Repita o procedimento acima para ângulos diferentes, mantendo os outros parâmetros constantes.

Ângulos θ (°)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
A₁		
A₂		
A₃		

Tabela 3: registro de dados

Tarefas

- 1) Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita qual é a dependência (relação) entre o período de oscilação de um pêndulo simples, com a massa, com a amplitude e com comprimento do fio.

- 2) Calcule o valor da gravidade local (g), utilizando os dados que você obteve e registrou.
- 3) Compare o valor obtido no item anterior com o valor $g = 9,81\text{m/s}^2$, calculando o erro percentual.

6.5.2 Roteiro de Apoio 2

Atividade experimental: o sistema massa-mola

Fundamentos teóricos

Um bloco de massa m está em repouso preso à uma mola de constante elástica k , sobre uma superfície horizontal lisa (atrito desprezível) quando este bloco é deslocado da sua posição de equilíbrio – alongando ou comprimindo a mola – e abandonado em seguida, ele passa a oscilar em torno da sua posição de equilíbrio em uma trajetória retilínea. Esse sistema, é um exemplo de sistema massa-mola e constitui um dispositivo clássico para o estudo do movimento oscilatório. A Fig.11 mostra a análise dinâmica do MHS em alguns movimentos.

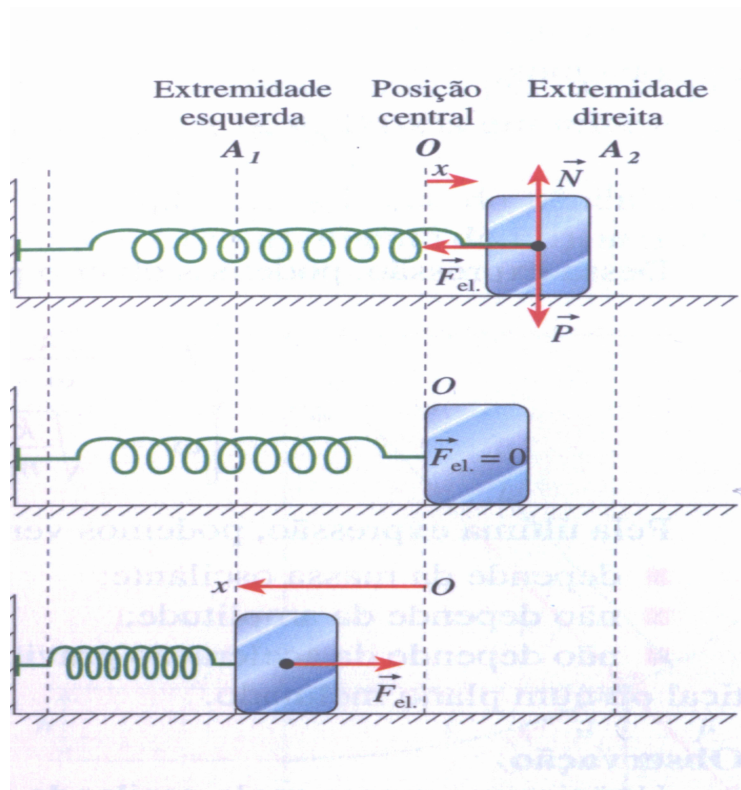


Figura 11, alguns dos movimentos possíveis em um sistema massa-mola.

Muitos dos movimentos oscilatórios surgem a partir da existência de forças restauradoras que tendem a manter os sistemas em estados ou posições de equilíbrio. Essas forças restauradoras obedecem, a Lei de Hooke, traduzida pela expressão: $F = -kX$.

Esse sistema possui uma posição de equilíbrio a qual chamaremos de ponto 0 ($x = 0$). Toda vez que tentamos tirar esse sistema dessa posição 0, surge uma força restauradora $F = -kX$, que tenta trazê-lo de volta à posição inicial, ou seja, à posição de equilíbrio.

Habitualmente a posição $-X_m$ representa o deslocamento máximo, a partir da posição de equilíbrio, quando a mola é comprimida, enquanto que a posição $+X_m$ representa o deslocamento máximo, a partir da posição de equilíbrio, quando a mola é estendida. À medida que afastamos o bloco de massa m da posição de equilíbrio, a força restauradora vai aumentando (estamos tomando o valor de X crescendo positivamente à direita do ponto de equilíbrio). Se empurrarmos o bloco de massa m para a esquerda da posição 0, uma força de sentido contrário e proporcional ao deslocamento X surgirá tentando manter o bloco na posição de equilíbrio 0.

Se puxarmos o bloco de massa m e, em seguida, o soltarmos, o sistema vai oscilar em torno da posição de equilíbrio 0. O período do um sistema massa-mola em

MHS é dado por: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

Onde:

T = período (s);

m = massa (kg)

$k =$ constante da mola(N/m).

Procedimento experimental: determinação do período de oscilação

Objetivos:

- ✓ Determinar o período de oscilação de um sistema massa- mola.
- ✓ Verificar a dependência do período de um sistema massa-mola em relação aos outros parâmetros envolvidos.

Materiais:

- ✓ Cronômetro
- ✓ molas
- ✓ Duas massas diferentes

Procedimentos:

1 - Utilizando uma mola de constante elástica k conhecida e duas massas diferentes, também conhecidas, meça o período de oscilação do sistema massa-mola para cada uma das massas, preenchendo a tabela abaixo (mantendo k constante).

Massa (kg)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
m_1		
m_2		

Tabela: 4 : registro de dados

2- Utilizando duas molas de constantes elásticas conhecidas e diferentes, meça o período de oscilação do sistema massa-mola para cada uma das molas, preenchendo a tabela abaixo (mantendo a massa constante).

Constante elástica (k)	Tempo de 10 oscilações (s)	Período T (s)
k_1		

Tabela 5: registro de dados

Obs.: Caso o período seja muito pequeno para ser medido diretamente com um cronômetro, meça o tempo necessário para que o sistema complete, por exemplo, dez ciclos completos, o que aumentará sua precisão. Faça o sistema oscilar com grande amplitude e determine o período da oscilação. Em seguida, determine o período para oscilações de amplitude bem pequena, comparando esses resultados.

Tarefas

1. Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita a dependência (relação) entre o período de oscilação de um sistema massa-mola e a sua massa.
2. Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita qual é a dependência (relação) entre o período de oscilação de um sistema massa-mola e a sua constante k .
3. Calcule o valor do período do sistema massa-mola para cada uma das massas utilizadas.

6.5.3 Roteiro de Apoio 3.

Atividade experimental: associação de espelhos planos

Fundamentos teóricos.

Os espelhos planos fazem parte dos chamados sistemas ópticos refletivos, os quais associam a cada imagem um objeto. Uma pessoa, utilizando um espelho plano, vê a sua imagem e a de outros objetos que estejam dentro do seu campo visual.

A imagem, de um corpo é determinada pelo cruzamento dos raios de luz refletidos pelo sistema óptico. Esta imagem é considerada real quando formada pelo cruzamento efetivo dos raios luminoso emergentes, e virtual, quando formada pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios refletidos.

Nos espelhos planos, a imagem formada será simétrica em relação ao objeto, mantendo todas as características do mesmo. Geralmente um espelho plano associa uma imagem virtual a um objeto real.

Resumidamente podemos caracterizar a imagem formada pelo espelho plano como segue descrito abaixo e pela Figura 12:

- 1- a imagem é virtual (atrás do espelho);
- 2- a imagem tem o mesmo tamanho do objeto;
- 3- imagem e objeto são eqüidistantes (estão à mesma distância do espelho);
- 4- objeto e imagem são reversos (enantiomorfos), ou seja, o espelho troca a direita pela esquerda e vice-versa.

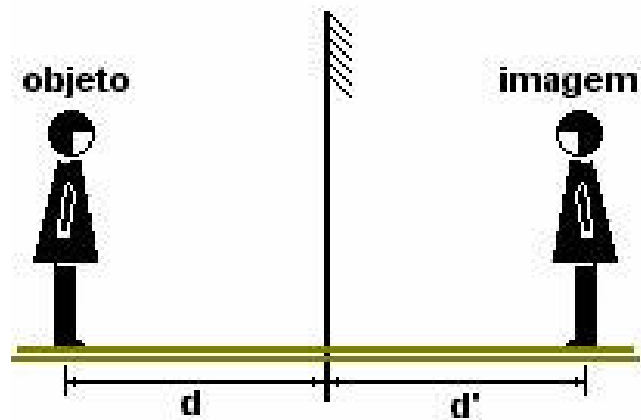


Fig. 12 – formação de imagem por espelho plano

Os espelhos planos podem ser associados entre si, como exemplificado na Figura 13. A associação de espelhos planos é usada, por exemplo, no cinema, dentre outras coisas, para dar a impressão do aumento do número de personagens em cena.



A Fig.13 - associação de espelhos planos:

O número de imagens (N) pode ser calculado pela expressão:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

Onde:

N = número de imagens;

α = ângulo formado entre os espelhos.

As condições para esta expressão ser válida são:

- Quando $360^\circ/\alpha$ for um número par, o objeto pode ficar em qualquer posição entre os dois espelhos.
- Quando $360^\circ/\alpha$ for um número ímpar, o objeto deve se localizar no plano bissetor do ângulo diedro dos dois espelhos, ou seja, o objeto tem que ficar eqüidistante dos dois espelhos.

Exemplo:

Vamos considerar o ângulo entre os dois espelhos igual a 90° . Substituindo na expressão para o número de imagens, temos que $n = 360 / 90 = 4$ (número par). O objeto pode se situar em qualquer posição entre os dois espelhos.

O número de imagens fornecidas será:

$$n = (360^\circ/90^\circ) - 1 = 4 - 1 = 3 \text{ imagens.}$$

Procedimento experimental: verificação do número de imagens em espelhos planos associados.

Objetivos:

- Verificar a dependência entre o ângulo formado pelos dois espelhos e o número de imagens fornecidas pela associação.

Materiais:

- ✓ Espelhos planos;
- ✓ Transferidor;
- ✓ Um pequeno objeto;
- ✓ Uma folha de papel.

Procedimentos:

1. Posicione os dois espelhos de modo a formar os ângulos indicados na tabela abaixo; confira com os colegas e com o professor se você está fazendo isso corretamente;
2. Com o transferidor, marque no papel um ângulo de 60° . Faça com que os espelhos fiquem em uma posição na qual mantenha esse ângulo entre eles;
3. Coloque o pequeno objeto entre os espelhos e conte o número de imagens;
4. Faça variações nos ângulos com os valores indicados na tabela abaixo, e verifique a quantidade de imagens formadas, preenchendo a tabela:

Ângulos α (°)	Número de imagens
30	
36	
40	
45	
60	
90	
120	
180	

Tabela 6: registro de dados

Tarefas

1. Verifique se os valores encontrados na experiência, para o número de imagens é o mesmo daquele encontrado quando utilizamos o valor correspondente do ângulo aplicado diretamente na fórmula. Faça os cálculos;
2. Explique com suas palavras qual é a relação entre o angulo formado pelos espelhos e o número de imagens.
3. Você consegue vislumbrar uma aplicação do que você aprendeu nesta aula na vida cotidiana? Qual seria?

6.5.4 Roteiro de Apoio 4

Atividade Experimental: a decomposição e a composição da luz branca

Fundamentos teóricos

Podemos dizer que LUZ é uma forma de energia que ilumina o mundo. Ela e outras radiações eletromagnéticas são emitidas por objetos energéticos ou quentes. A luz é o único componente do espectro eletromagnético (que inclui as microondas, os raios ultravioletas e os raios X) que pode ser detectado pelo olho humano. Vemos os objetos quando eles refletem a luz em direção a nossos olhos. No vácuo, a luz se move a 300.000 Km por segundo, e nada é mais rápido do que ela.

A luz branca pode ser composta e decomposta. O matemático e astrônomo Isaac Newton, foi o pioneiro na apresentação dos resultados de seus estudos, no século XVII, sobre o fenômeno da decomposição da luz branca nas diferentes cores que a compõem. Newton elaborou sua teoria a respeito da idéia geral de que a luz branca é composta por diferentes cores e que cada uma dessas cores interage de forma diferente com o meio.

A luz, ao atravessar a superfície de certos materiais, freqüentemente muda sua direção. Esta mudança de direção de um feixe de luz, ao passar de um material (ou meio) para outro é chamado de refração.

O fenômeno da refração da luz, juntamente com o fato de que a luz branca é composta por diferentes cores as quais interagem de forma diferente com o meio, nos dão as informações básicas para o desenvolvimento e a compreensão dessa atividade experimental.

Decomposição da luz por prisma

Para produzir a decomposição da luz, Newton utilizou um prisma, que desvia cada cor em diferentes ângulos de emergência ao ser atravessado pelo feixe de luz branca. A Fig.14 ilustra a incidência de um feixe de luz branca em um prisma o qual, ao ser atravessado por ela, refrata-a nas cores indicadas.

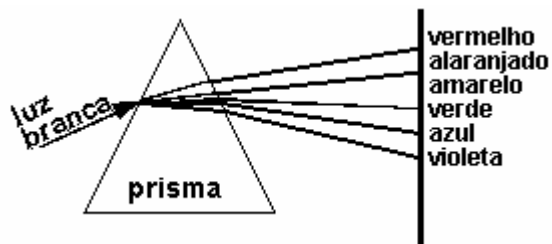


Figura14: decomposição da luz branca pelo prisma

A decomposição da luz também pode acontecer através de uma rede de difração que consiste em um suporte (transparente ou refletor) com ranhuras (linhas) finíssimas. Neste dispositivo, em cada milímetro de extensão pode haver de 500 a 1000 dessas ranhuras, que fazem com que, inicialmente, cada cor do feixe de luz incidente se desvie em várias direções (difração). A seguir, segundo direções determinadas desse feixe difratado, cores iguais sofrem um processo de interferência construtiva e se reforçam e em outras direções, sofrem interferência destrutiva. O resultado final é equivalente àquele obtido com o prisma, a saber, a decomposição de um feixe de luz policromática em seus componentes monocromáticos; porém, desta vez, com maior eficiência, quer dizer, com melhor e mais uniforme separação entre os componentes monocromáticos.

A luz branca pode ser obtida pela superposição de três cores-luz: vermelho, verde e azul, que são cores puras, as cores primárias. A Fig.15 mostra as cores-luz.

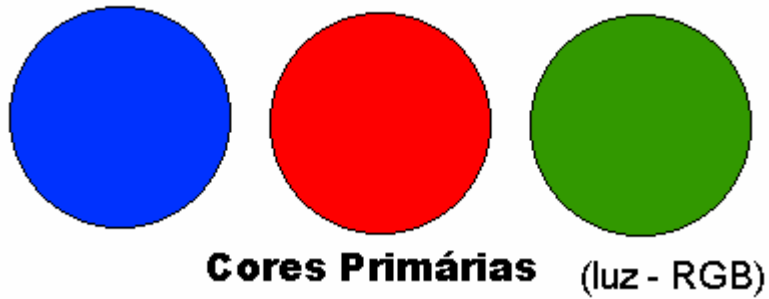


Figura15: as cores primárias

Para recompor a luz branca através da soma das cores, utilizamos um dispositivo chamado disco de Newton. Este disco que é pintado com as mesmas cores que compõem o espectro de luz branca adquire, quando girado velozmente e recebendo uma iluminação intensa, uma cor uniformemente branca.



À medida que aumenta a velocidade do disco, as cores vão-se somando, o atiz geral aparece acinzentado e, finalmente, só se observa um círculo uniforme esbranquiçado. A Fig.16 mostra um exemplo de Disco de Newton.

Figura16: Disco de Newton

Procedimento experimental: decomposição e recomposição da luz branca.

Objetivos:

- Observar a dispersão da luz branca através de um prisma.

- Observar a composição da luz branca a partir de suas cores primárias.

Material:

- Um disco de Newton ;
- fonte de luz;
- diafragma com fenda única larga;
- prisma equilátero;
- anteparo
- folha de papel branco;
- fita adesiva;
- Espectômetro de mão.

Procedimento:

1. Fixe com fita adesiva, uma folha de papel branco sobre a plataforma e outra sobre o anteparo.
2. Monte o equipamento conforme o indicado na Fig.17. Observe, sobre a plataforma, a trajetória do feixe de luz que emerge do prisma.

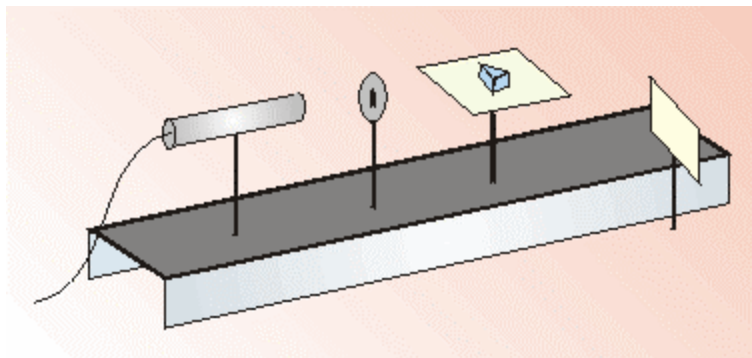


Figura 17: montagem experimental

3. Coloque o anteparo fora do trilho, na direção do feixe emergente, à aproximadamente 30 cm do prisma, como indicado na Fig. 18 abaixo.

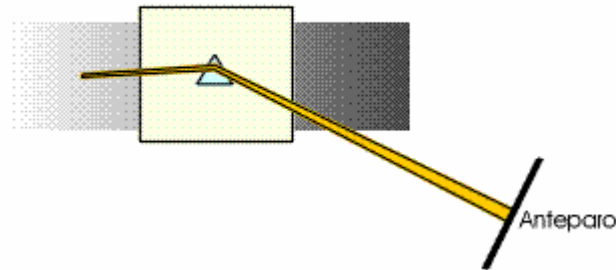


Figura 18: montagem experimental

4. Projete o feixe de luz emergente do prisma sobre o anteparo e observe o espectro da luz branca.
5. Observar as lâmpadas da sala com o auxílio do espectômetro.
6. Gire o disco de Newton rapidamente e, com base nas discussões desenvolvidas para cumprir os itens anteriores, faça e explicita, justificando, todas as observações que você julga importante para o estudo do fenômeno de composição e decomposição da luz branca.

Tarefas

1. Quantas e quais as cores você consegue distinguir ao olhar para o equipamento montado sobre a plataforma?
2. Compare o seu resultado com o de seus colegas.
3. Que cor sofre maior desvio angular, em relação ao feixe incidente?

4. Para qual cor o índice de refração do prisma é menor?
5. Compare os resultados com os de outros colegas.
6. O que você observou ao observar as lâmpadas da sala de aula com o espectômetro?
7. As cores visualizadas foram as mesmas nos dois procedimentos?
8. O que você observou ao girar o Disco?
9. Quais são as suas conclusões a respeito do estudo sobre a composição e decomposição da luz que você realizou?

7 METODOLOGIA

A metodologia empregada para a realização da pesquisa foi basicamente qualitativa, com alguns indicadores quantitativos de desempenho dos alunos em avaliações formais. A consolidação dos dados foi feita por meio de observação participativa.

7.1 Sobre os sujeitos e local do desenvolvimento do estudo

O estudo foi realizado em uma escola que pertence a rede pública de ensino do Distrito Federal, que se localiza na periferia de Ceilândia, o Centro de Ensino Médio 4, durante o segundo semestre de 2005.

É conveniente registrar que a escola:

- contempla apenas o ensino médio;
- tem biblioteca, que disponibiliza empréstimos de livros aos alunos, mas o acervo é limitado;
- não tem computadores disponíveis para os professores e os alunos;
- tem laboratório de Ciências o qual, assim como a biblioteca, sofre com a falta de recursos materiais/humanos, o que impossibilita a sua utilização continuada.

O grupo submetido às atividades experimentais foi o 2º N com 23 alunos. O grupo de controle, que não participou das aulas envolvendo atividades experimentais, foi o 2º O, com 28 alunos, tendo aulas tradicionais, com o apoio de apostila e explicações em

sala de aula. Portanto, cada grupo, experimental e de controle, corresponde a uma turma. Ambas tiveram aulas administradas pela mesma professora, mas conduzidas com métodos de ensino distintos.

No grupo experimental, os alunos trabalharam em grupos compostos por aproximadamente seis alunos. Isso foi feito dessa forma porque foram disponibilizados quatro kits por experimento a ser realizado, o que nos levou a agrupar os alunos assim, viabilizando interação, discussões e troca de informações entre os alunos.

7.2 Sobre as aulas

As aulas do grupo submetido às atividades experimentais, consistem basicamente de duas etapas: a primeira etapa consistiu de uma breve explicação sobre como o experimento fora montado e sobre o seu de funcionamento; a segunda etapa consistiu da condução da aula propriamente dita, na perspectiva deste estudo, onde os conceitos físicos pertinentes foram retomados e discutidos durante a realização do experimento, com o apoio das questões diretrizes que compunham as situações-problemas contidas nos Roteiros de Apoio produzidos pela professora e que lhes foram fornecidos.

Aulas expositivas e discussões conduziram o desenvolvimento das atividades experimentais, procurando mostrar os fenômenos, identificando-os na realidade dos alunos onde, ou não são notados ou são cientificamente mal interpretados no seu dia a dia.

Os materiais e aparatos/montagens experimentais foram introduzidos e integrados às exposições teóricas procurando levar o aluno a estabelecer relação com os fenômenos físicos presentes no seu cotidiano e também no seu “possível”

conhecimento prévio sobre o assunto. Tal procedimento busca facilitar a aprendizagem significativa dos conteúdos em questão para, conseqüentemente, alcançar um melhor desempenho dos alunos nas avaliações.

Não foi aplicado pré-teste, para identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre o conteúdo que seria ministrado em sala de aula. No início da pesquisa foi observada a conduta dos alunos diante da mudança na rotina das aulas e, no decorrer dos trabalhos, através de avaliações sobre o conteúdo, comparamos a evolução do grupo experimental em relação ao de controle.

A montagem dos aparatos para o desenvolvimento das atividades experimentais foi feita previamente pela professora, no laboratório. Os alunos recebiam os roteiros contendo um texto com os fundamentos teóricos, a explicitação do procedimento da coleta de dados e a situação-problema consistindo de um conjunto de questões a serem respondidas. Além disso, os alunos também eram instados, ao longo dos assuntos a estabelecer a relação conteúdo teórico/prática experimental.

As duas primeiras atividades experimentais trataram do estudo do Movimento Harmônico Simples (MHS). Os conceitos envolvidos foram abordados com os dispositivos pêndulo simples e sistema massa-mola, verificando os parâmetros envolvidos no seu movimento.

O terceiro experimento tratou sobre a associação de espelhos planos e se desenvolveu, basicamente, em torno do estudo sobre a formação de imagens resultantes de tais associações.

A quarta atividade experimental tratou sobre a composição e a decomposição da luz branca. O estudo se desenvolveu essencialmente em termos de observações fenomenológicas

7.3 Sobre a tomada de dados

Este estudo demandou a sistematização de todas as etapas do processo pedagógico através de procedimentos e instrumentos metodológicos utilizados para acompanhar, balizar e avaliar o trabalho realizado com esse grupo de discente.

Os procedimentos e instrumentos metodológicos utilizados nesse estudo foram: observação participante, registro dos eventos importantes ocorridos durante as aulas (diário de bordo), avaliações do aprendizado e questionário de opinião.

A observação participante consiste em observação da motivação, do envolvimento e da participação dos alunos nas aulas, em particular no que se refere às atividades experimentais, enquanto a própria docente ministrava a aula da forma como foi planejada.

Os dados tomados com a observação participante e aqueles especificamente referentes ao desenvolvimento das atividades experimentais, foram registrados em um “diário de bordo” o qual foi escrito logo após a realização de cada aula, onde se registrou todos os eventos importantes ocorridos durante o desenrolar das aulas. Este diário mostrou-se bastante útil para dar suporte a análise e interpretação dos dados obtidos.

Bimestralmente realizaram-se avaliações, abordando os conceitos relativos aos temas tratados nesse estudo. Essas avaliações foram aplicadas tanto ao grupo experimental quanto ao de controle, a fim de fazer uma comparação, entre o grupo experimental que recebeu o tratamento e o de controle, que não recebeu.

No geral, tanto os alunos do grupo experimental quanto aqueles do de controle demoraram em responder as avaliações, provavelmente por estarem preocupados em

se recuperar dos outros bimestres, nos quais não obtiveram a média mínima para aprovação.

A primeira avaliação incorporou duas atividades experimentais; a do pêndulo simples e a do sistema massa-mola, as quais tratam sobre o MHS (Movimento Harmônico Simples). A estrutura dessa avaliação segue em apêndice, exatamente como foi aplicada em sala de aula. Esta avaliação foi aplicada no terceiro bimestre.

O objetivo dessas avaliações foi o de verificar se houve a melhoria da aprendizagem conceitual dos alunos que se submeteram ao tratamento experimental e, em caso afirmativo, creditar essa melhora ao fato de ter inserido as atividades experimentais ao longo do semestre, na forma planejada.

Concebida como instrumento importante nessa pesquisa, realizou-se a segunda avaliação, que manteve as mesmas características da primeira, tratando sobre espelhos planos e aplicada no quarto bimestre.

Na última avaliação foram abordadas duas atividades experimentais; a composição e decomposição da luz branca. Esta avaliação foi aplicada no quarto bimestre.

Após a realização de todas as atividades experimentais e aplicação das avaliações, foi solicitado aos alunos do grupo experimental que respondessem a um questionário de opinião, constando de dez questões tanto de escolha múltipla quanto abertas, com o objetivo de obter informações sobre a opinião dos alunos a respeito das atividades desenvolvidas, bem como se eles aprovaram a mudança de rotina durante o segundo semestre.

Insistimos sobre a necessidade de responder ao questionário com franqueza e com respostas claras para que pudéssemos ter dados confiáveis a respeito do trabalho desenvolvido.

8 RESULTADOS/ ANÁLISE DOS DADOS

Aplicamos avaliações escritas ao longo do semestre aos alunos da segunda série do ensino médio, com questões pertinentes aos tópicos selecionados para a realização desse estudo. A duração da aplicação variou consideravelmente; pode-se dizer que cada uma delas tomou em torno de duas aulas de cinquenta minutos. O objetivo dessas avaliações, foi o de buscar evidências de aprendizagem significativa no grupo submetido às atividades experimentais, o que se explicitaria em termos de um melhor desempenho nessas avaliações.

8.1 Análise das questões e percentuais de erros

Apresentaremos a seguir as avaliações aplicadas aos grupos experimental e de controle, e os respectivos percentuais de erro, para cada questão. Tal como dissemos, os sujeitos da pesquisa totalizaram 51 alunos dos quais 23 alunos compunham o grupo de controle e 28 o grupo experimental.

8.1.1 Avaliação 1: MHS (*Movimento Harmônico Simples*)

Questão 1-Ao analisar o movimento oscilatório, associe os parâmetros físicos aos conceitos relacionados:

- **Parâmetros físicos:**

- 1) Amplitude
- 2) Elongação
- 3) Período

4) Força restauradora

5) Freqüência

• **Conceitos:**

() Tempo correspondente a um ciclo completo;

() Módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio;

() Números de ciclos efetuados na unidade de tempo;

() Agente físico que tende a fazer um corpo voltar à sua posição de equilíbrio, após ter sido deslocado da mesma;

() Componente do vetor deslocamento do corpo, que indica sua posição a partir da origem, tendo como referência a posição de equilíbrio num dado sistema de coordenadas.

Grupo experimental: 30,43%; Grupo de controle: 53,57%.

Percebe-se algo em comum nos dois grupos: tanto o grupo experimental como o de grupo de controle, confundiu os conceitos de Freqüência e o de Período; além disso, os alunos do grupo de controle não apresentam clareza sobre o conceito de Amplitude.

Questão 2-Sendo T o período de oscilação e A , a amplitude de um Oscilador Harmônico Simples, a distância percorrida pelo sistema durante um período vale:

a) $A/4$

b) $A/2$

c) A

d) $2A$

e) $4A$

Grupo experimental: 47,82%; Grupo de controle: 67,85%.

De acordo com os dados obtidos, essa foi a questão onde obtivemos maior índice de erros, nas duas turmas. Os alunos, na sua maioria, não têm clareza sobre a relação entre período e a “distância percorrida” pelo pêndulo em uma oscilação completa, em termos da sua Amplitude. Talvez isso se deva ao fato de a expressão para o período não contenha a grandeza Amplitude; ou seja, os alunos parecem estar ainda muito presos às “fórmulas”.

Questão 3-Explique com suas palavras no que consiste um pêndulo simples e um sistema massa-mola.

Grupo experimental: 13,04%; Grupo de controle: 21,42%.

Nessa questão, para o cálculo do percentual de erro, consideramos as respostas que não definiam o que é um pêndulo simples ou o sistema massa-mola. Muitos alunos, responderam para que serve, onde podemos encontrar, quais os parâmetros envolvidos para se calcular o período, o que não foi perguntado.

Questão 4-O pêndulo simples em certas condições, pode ser considerado um exemplo de MHS. Quais são essas condições?

Grupo experimental: 21,74%; Grupo de controle: 46,43%.

O que mais nos chamou a atenção nessa questão foi o índice de erro relativamente alto no grupo de controle. Observamos que alguns alunos não responderam adequadamente e, novamente, as respostas não correspondia ao que foi perguntado.

Questão 5-O período do pêndulo simples para ângulos pequenos é considerado independente da amplitude? Por quê?

Grupo experimental: 26,09%; Grupo de controle: 53,57%.

Praticamente a metade das respostas analisadas do grupo de controle estava errada, pois, continham respostas desconexas, sem clareza na argumentação.

Questão 6-Qual a expressão que fornece o período para o pêndulo simples e para o sistema massa-mola? Quais são os parâmetros envolvidos nesses casos?

Grupo experimental: 8,70%; Grupo de controle: 17,85%.

Nessa questão, percebe-se que o índice de erro foi o menor nos dois grupos. Poucos de alunos do grupo de controle erraram os parâmetros para o cálculo do Período do pêndulo simples ou do sistema massa-mola, o que aconteceu também no grupo experimental.

Questão 7-Qual a utilidade prática do pêndulo simples?

Grupo experimental: 8,70%; Grupo de controle: 28,57%.

Com relação as questões 4, 5, 6 e 7, percebemos que os alunos, em sua maioria, têm dificuldade de responder o que é perguntado. Parece que eles não conseguem apresentar uma resposta em forma dissertativa, além disso, aparentemente, eles têm dificuldades para compreender o que lhes é perguntado nos enunciados das questões.

Para esta primeira avaliação construímos a tabela 7, juntamente com os histogramas apresentados a seguir:

Tabela 7:

Questões	Grupo experimental		Grupo de controle		Total de erros por questão
	Erros	%/ Part.	Erros	%/ Part.	
1	7	30,43%	15	53,57%	22
2	11	47,82%	19	67,85%	30
3	3	13,04%	6	21,42%	9
4	5	21,74%	13	46,43%	18
5	6	26,09%	15	53,57%	21
6	2	8,70%	5	17,85%	7
7	2	8,70%	8	28,57%	10
Total de erros	36		81		
Alunos testados	23		28		
Alvo da turma	161		196		
% erros/ alvo	22,36		41,36		

Tabela 7: dados da primeira avaliação

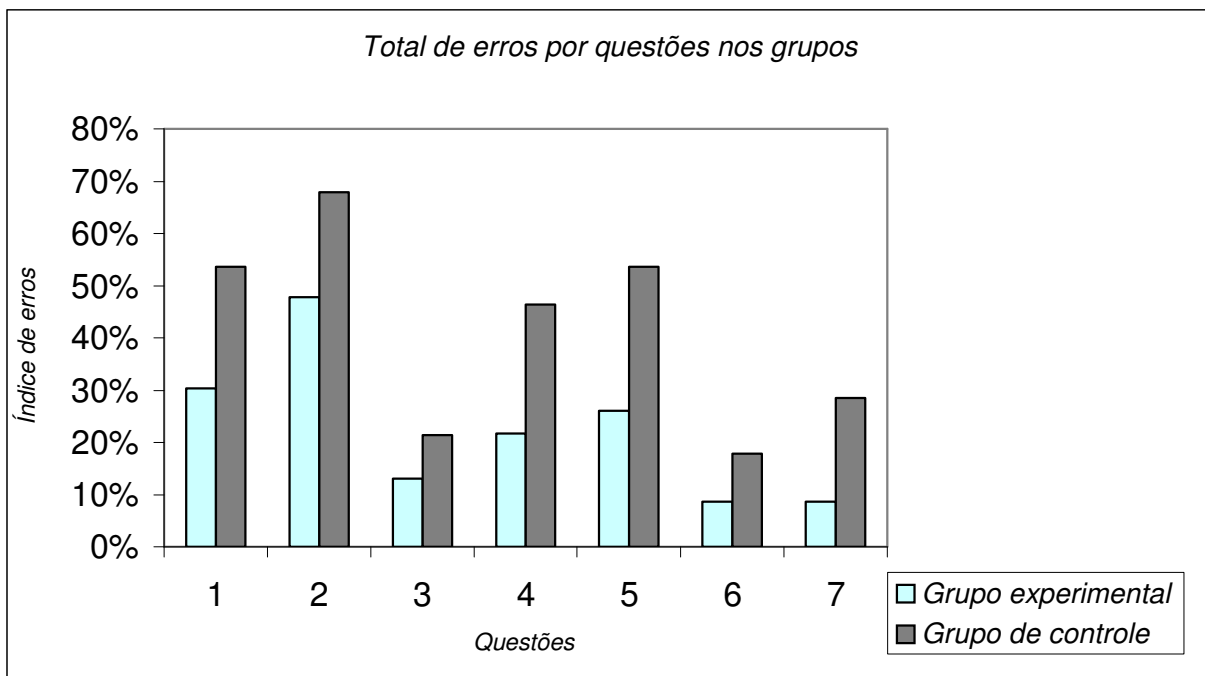


Figura 19: histograma do total de erros por questões nos grupos experimental e de controle.

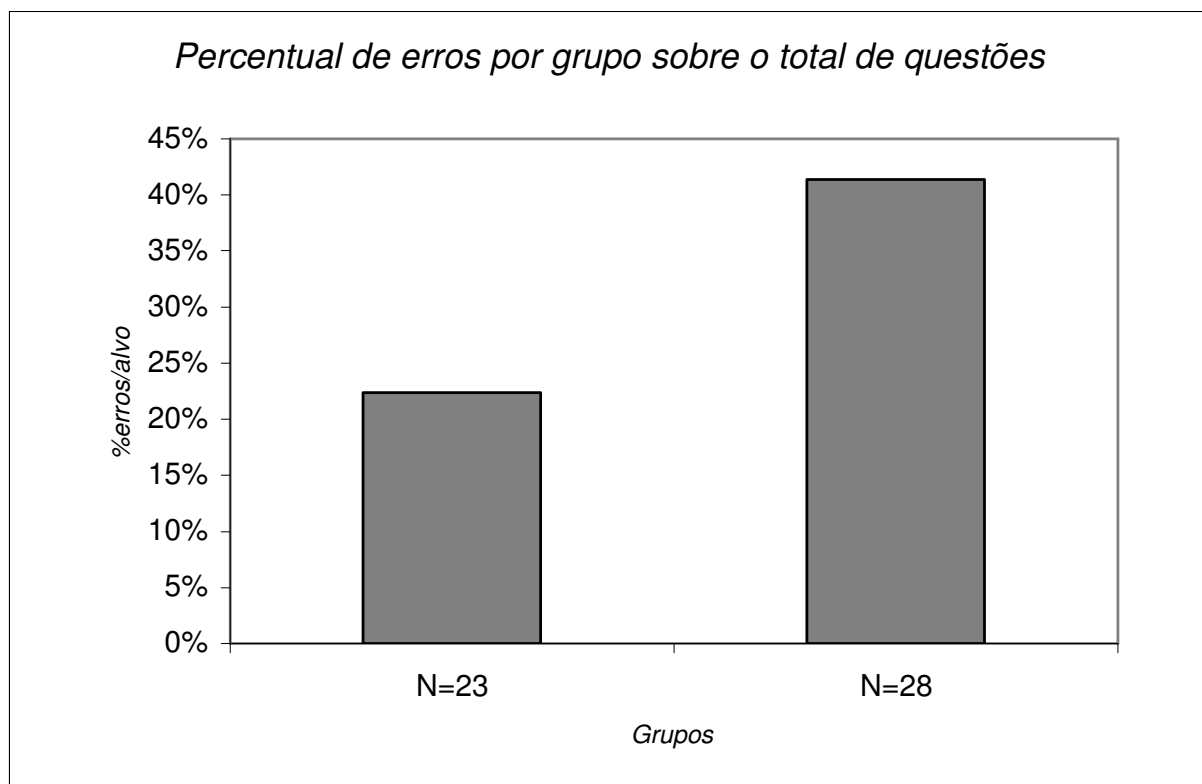


Figura 20: histograma do percentual de erros nos grupos experimental e de controle.

Pela Figura 19, vemos que a questão dois foi a que teve maior índice de erro, e que a questão seis foi a que apresentou menor índice de erro nos dois grupos de estudo. Isto se deve ao fato do diferente grau de dificuldade entre elas, mas, o mais importante aqui é a busca por explicação para os grupos terem apresentado o maior índice de erro na questão dois. Acreditamos que o aspecto conceitual fundamental dessa questão, evidenciado pela relação entre as grandezas envolvidas no movimento oscilatório, não foi objeto de aprendizagem significativa e, portanto, os alunos, para respondê-la, recorreram à “fórmula” de forma acrítica, como sempre estavam acostumados a fazer. Temos que admitir também que talvez a questão não tenha sido formulada clara e adequadamente.

As figuras 19 e 20 mostram que os alunos do grupo experimental, apresentaram um rendimento, em termos de notas, melhor e superior do que os do grupo de controle.

Isto nos permite inferir que, possivelmente, este resultado se deva à proposta metodológica diferenciada que foi adotada nessa turma.

8.1.2 Avaliação 2: espelhos planos e associação de espelhos planos

Questão 1-O que é um espelho?

Grupo experimental: 17,36%; Grupo de controle: 28,57%.

Uma pergunta fácil, introdutória, apresentou um índice de erro considerável, considerando o seu grau de dificuldade.

Questão 2-Quais os tipos de imagens e quais as suas características?

Grupo experimental: 34,78%; Grupo de controle: 50,00%.

Boa parte dos alunos se confundiu nessa questão; parece que não conseguiram estabelecer com clareza a associação entre os tipos de imagens e as características de cada uma delas.

Questão 3-Como se dá a formação de imagem em um espelho plano?

Grupo experimental: 34,78%; Grupo de controle: 53,57%.

Questão 4-O que ocorre com o número de imagens à medida que o ângulo diminui?

Aumenta, diminui ou nada acontece?

Grupo experimental: 30,43%; Grupo de controle: 50,00%.

Questão 5-Onde utilizamos a associação de espelhos? Para quê?

Grupo experimental: 17,36%; Grupo de controle: 21,42%.

Questão 6- Se um objeto for colocado entre dois espelhos planos e observarmos a formação de 11 imagens, é possível calcular o ângulo formado entre os espelhos? Como? Faça o cálculo.

Grupo experimental: 56,52%; Grupo de controle: 75,00%.

O alto índice de erro nessa questão nos dois grupos se deve, principalmente, ao fato de que os alunos apresentam dificuldade em isolar variáveis em uma expressão. Este fato é uma constatação não apenas nossa, mas da maioria dos professores de Física nesse nível de ensino.

Percebemos que os alunos, em sua maioria, nos dois grupos de estudo, não tiveram bom desempenho nessa avaliação, o que ficou evidente, principalmente, nas questões 3,4 e 5, pois as respostas foram confusas, fora do conteúdo correspondente e, novamente, foram apresentadas respostas que não tinha nada a ver com o que foi perguntado.

A tabela 8 foi construída a partir dos dados obtidos, com erros por questões em relação ao grupo experimental e de controle.

Questões	Grupo experimental		Grupo de controle		Total de erros por questão
	Erros	%/ Part.	Erros	%/ Part.	
1	4	17,36%	8	28,57%	12
2	8	34,78%	14	50,00%	22
3	8	34,78%	15	53,57%	23
4	7	30,43%	14	50,00%	21
5	4	17,36%	6	21,42%	10
6	13	56,52%	21	75,00%	34
Total de erros	44		78		
Alunos testados	23		28		
Alvo da turma	138		168		
%erros/ alvo	31,88		46,42		

Tabela 8: dados da segunda avaliação

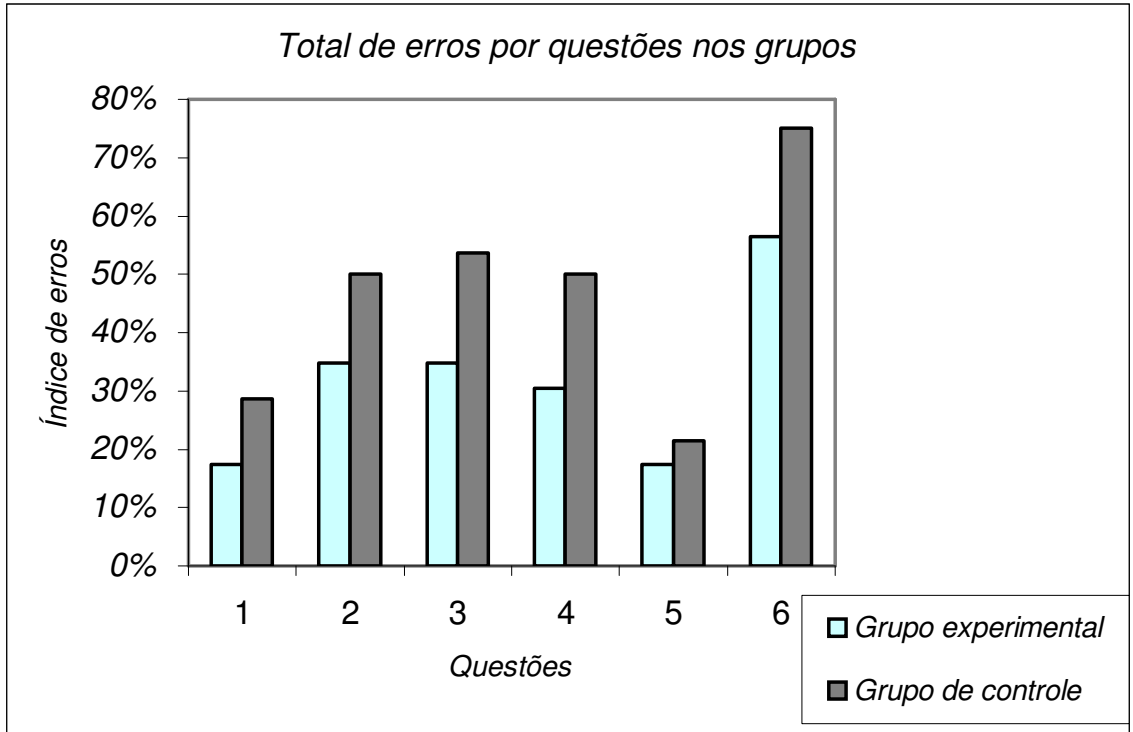


Figura 21: histograma do total de erros por questões nos grupos experimental e de controle

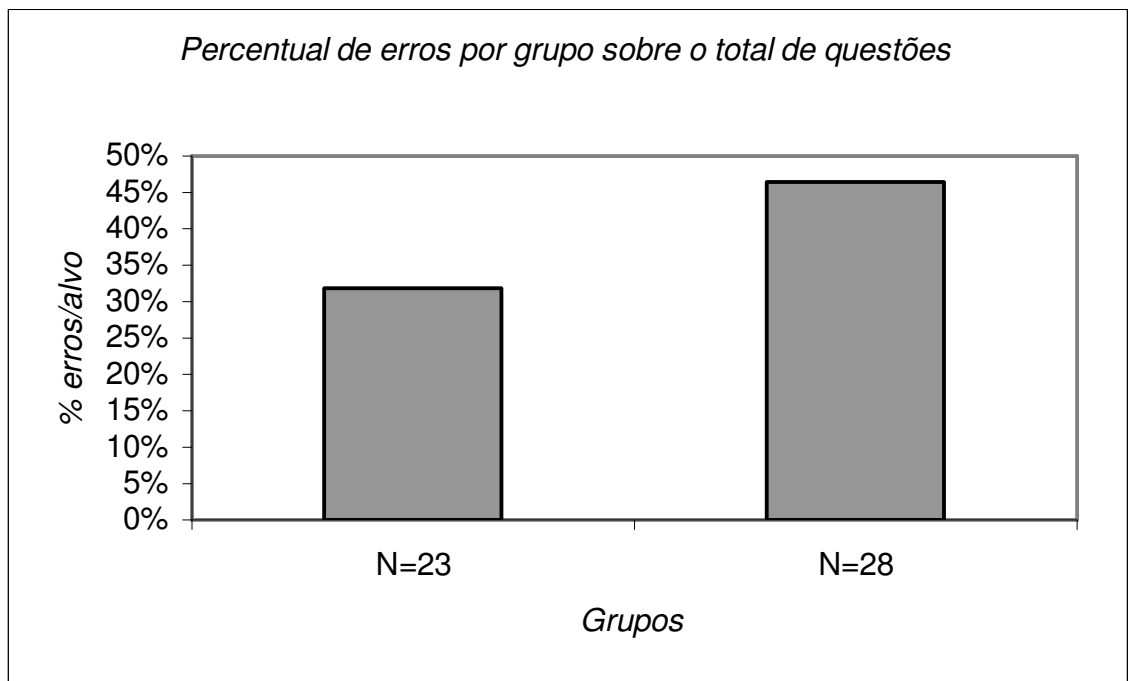


Figura 22: histograma do percentual de erros nos grupos experimental e de controle

Os alunos manifestavam certo estranhamento em relação às questões dessa avaliação, o que já era, de certa forma, esperado. A maioria deles acredita que as avaliações dessa disciplina devem ter apenas questões que exijam cálculos, com aplicação direta de fórmulas e sentem-se bastante inseguros em relação às questões que exigem análise fenomenológica e, conseqüentemente, conhecimento teórico, o qual deve ser explicitado por meio de uma redação clara e precisa.

Ao compararmos com as outras avaliações aplicadas, observamos que esta foi a que teve maior índice de erro. Apesar disso, o grupo experimental obteve melhores resultados do que o grupo de controle.

8.1.3 Avaliação 3 : dispersão e composição da luz branca

Questão 1-O que são cores primárias?

Grupo experimental: 4,34%; Grupo de controle: 7,14%.

Questão 2-O que são cores secundárias?

Grupo experimental: 4,34%; Grupo de controle: 3,57%.

Questão 3-Quais os tipos de luz?

Nessa questão, não houve erro, em nenhum dos grupos.

Questão 4-O que é a luz branca?

Grupo experimental: 21,74%; Grupo de controle: 21,42%.

Questão 5-Como decompos a luz branca?

Grupo experimental: 8,70%; Grupo de controle: 10,71%.

Questão 6-Como se dá a composição da luz branca?

Grupo experimental: 8,70%; Grupo de controle: 7,14%.

Nessa avaliação os alunos apresentaram maior agilidade para responder, utilizando menos tempo do que nas demais avaliações. Como podemos ver, também foi a avaliação que apresentou menor índice de erro. Acreditamos que isso se deve ao fato de que este conteúdo, no nível e da forma como foi tratado nas aulas, não apresenta o mesmo nível de complexidade dos outros. Além disso, as discussões em sala de aula foram conduzidas no sentido de preparar os alunos para dar a devida importância aos aspectos conceituais e fenomenológicos, afastando-se da idéia de resolver o problema “usando as fórmulas certas”.

Nota-se que o grupo de controle, em algumas questões, conseguiu resultados iguais ou superiores aos do grupo experimental. É importante registrar que essa avaliação foi aplicada no final do quarto bimestre, quando muitos alunos do grupo experimental já haviam sido aprovados nesta disciplina e fizeram a avaliação sem muito empenho; já o grupo de controle apresentou mudanças em seu comportamento, interagindo mais nas aulas, com menos conversas paralelas e mais empenho nas tarefas, porque precisavam recuperar as suas notas dos bimestres anteriores. Para nós, isso evidencia a importância do aluno ter “predisposição para aprender de forma significativa” para o seu desempenho, tal como Ausubel enfatiza.

Na tabela 9 seguem os dados obtidos nesta avaliação:

Questões	Grupo experimental		Grupo de controle		Total de erros por questão
	Erros	%/ Part.	Erros	%/ Part.	
1	1	4,34%	2	7,14%	3
2	1	4,34%	1	3,57%	2
3	0	0,00%	0	0,00%	0
4	5	21,74%	6	21,42%	11
5	2	8,70%	3	10,71%	5
6	2	8,70%	2	7,14%	4
Total de erros	11		14		
Alunos testados	23		28		
Alvo da turma	138		168		
%erros/ alvo	7,87		8,33		

Tabela 9: dados da terceira avaliação

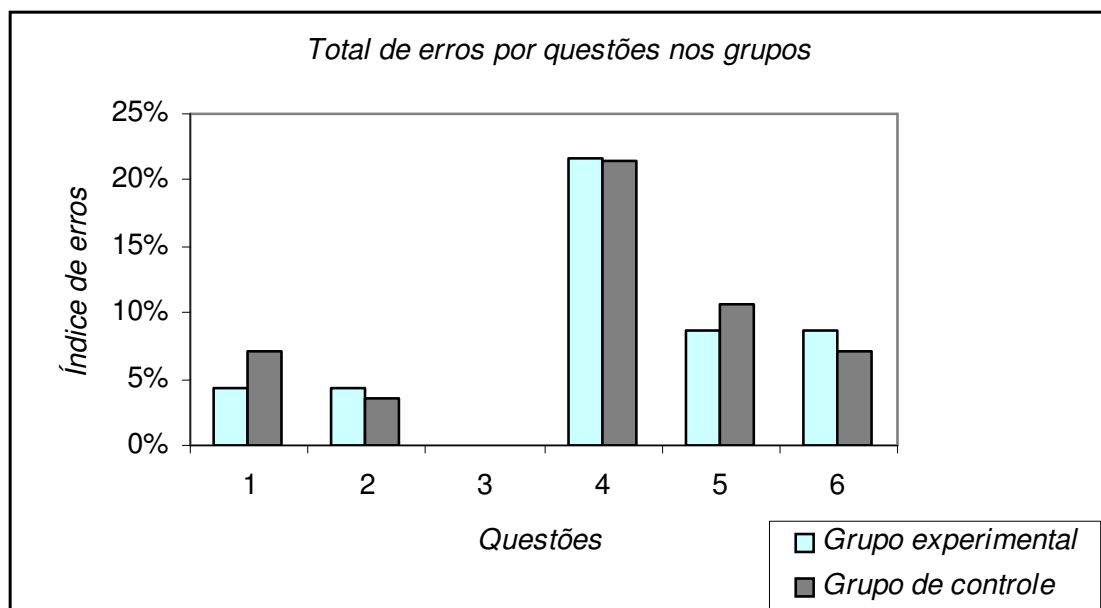


Figura 23: histograma do total de erros por questões nos grupos experimental e de controle

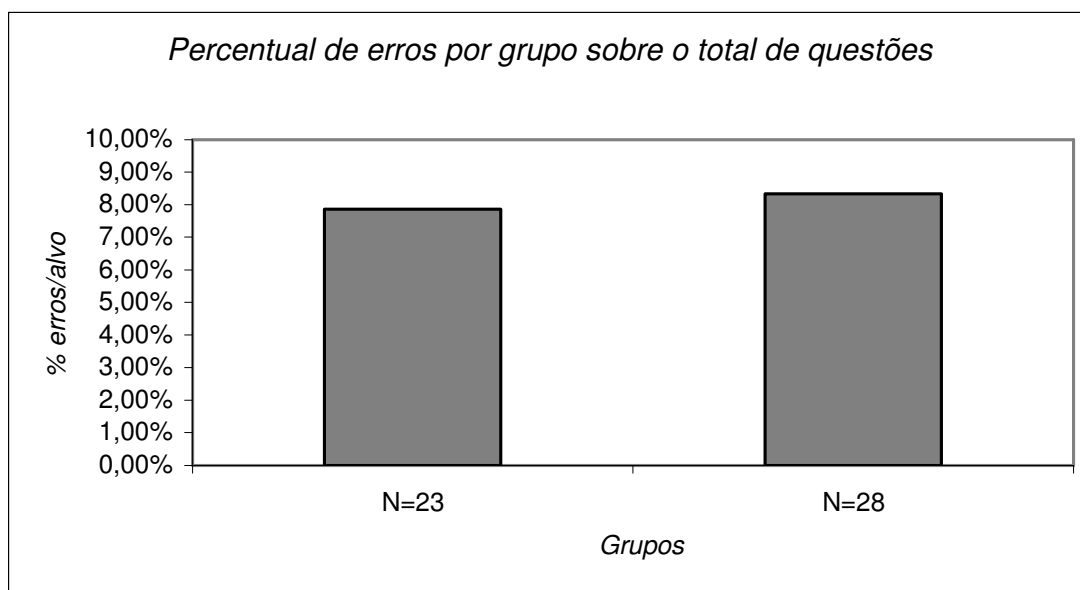


Figura 24: histograma de percentual de erros nos grupos experimental e de controle.

Comparando os grupos experimental e de controle nas avaliações, vemos que o grupo experimental, de uma maneira geral, teve um melhor desempenho do que o grupo de controle. Acreditamos que essa diferença se deva ao tratamento aplicado ao grupo experimental nas aulas, com a inserção das atividades experimentais, na tentativa de promover a integração teoria/prática facilitando, assim, a aprendizagem significativa dos temas selecionados.

A tabela 10 contém as médias dos alunos, referentes às três avaliações aplicadas aos grupos experimental e de controle durante este estudo. Essas avaliações contribuirão da seguinte forma para a composição da média bimestral: a primeira avaliação com 50% da nota do terceiro bimestre, a segunda e a terceira com 50% da nota do quarto bimestre, lembrando que as notas bimestrais foram compostas por outros tipos de avaliações feitas ao longo do semestre, como trabalhos e feiras de Ciências.

Tabela 10:

Avaliações	Grupos	
Avaliação 1	Experimental	Controle
Nota atribuída	5,0	5,0
Média das notas	3,90	2,91
Média dos acertos	5,43	4,10
Desvio Padrão	0,38	0,41
Avaliação 2	Experimental	Controle
Nota atribuída	2,5	2,5
Média das notas	1,70	1,34
Média dos acertos	4,08	3,21
Desvio Padrão	0,25	0,42
Avaliação 3	Experimental	Controle
Nota atribuída	2,5	2,5
Média das notas	2,29	2,29
Média dos acertos	5,52	5,50
Desvio Padrão	0,22	0,21

Tabela 10: dados da primeira avaliação

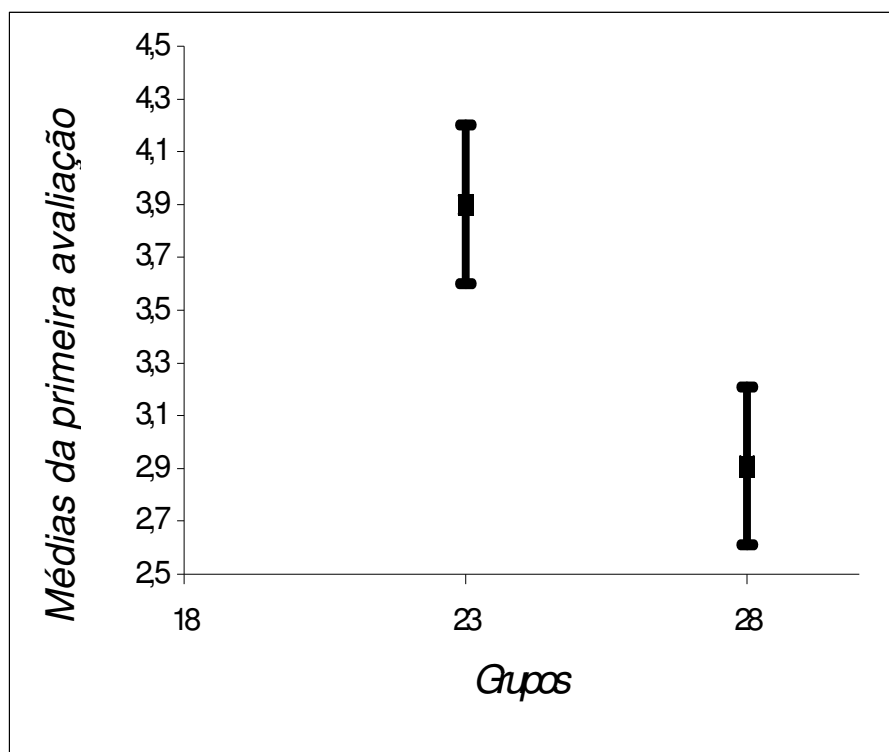


Figura 25: gráfico de barras de erros para as médias do grupo experimental e de controle

As figuras 25 e 26 representam através de barras de erro a diferença entre as médias nas avaliações para o grupo experimental e de controle. Cada barra se estende por um desvio padrão da média em torno de cada uma das médias.

O gráfico da Figura 25 mostra, através das barras de erro, a diferença entre as médias dos dois grupos relativas à primeira avaliação, que valia 5,0 pontos, realizada no terceiro bimestre. Por intuição visual podemos afirmar que a diferença entre os grupos, nessa avaliação não ocorreu por acaso, pois as barras de erro, referentes ao desvio padrão da média não estão sobrepostas.

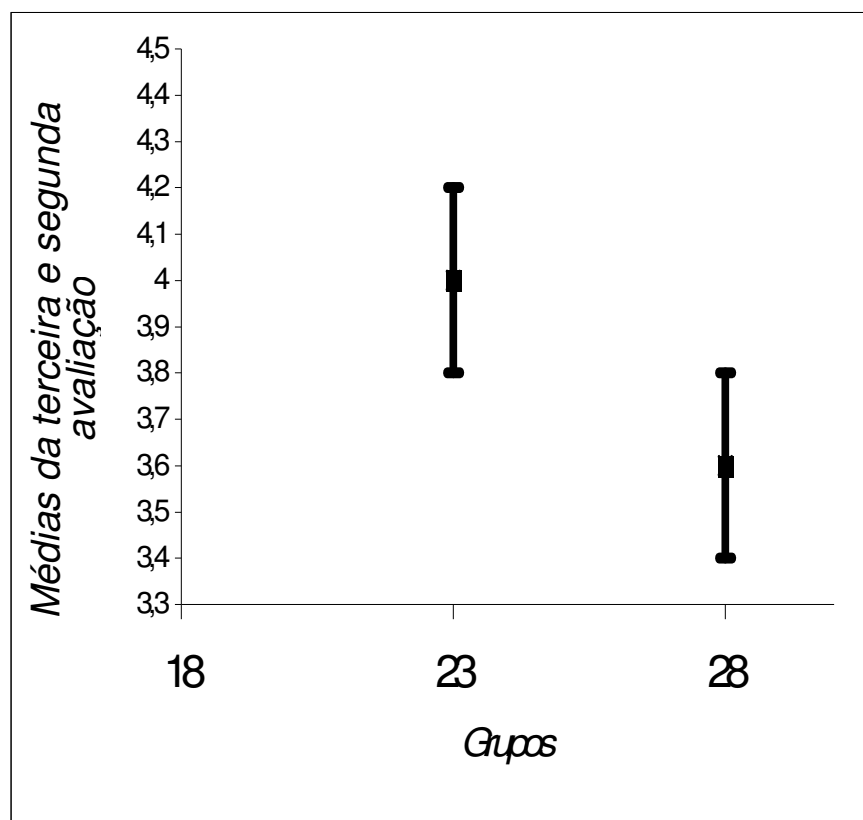


Figura 26: gráfico de barras de erros para as médias do grupo experimental e de controle

O gráfico da Figura 26 mostra, através das barras de erro, a diferença entre as médias totais referentes às duas últimas avaliações (segunda e terceira) dos grupos de

estudo, que são relativas a segunda e terceira avaliações, dos grupos experimental e de controle, que valem 5,0 pontos, e que foram realizadas no quarto bimestre. Essas notas foram assim agrupadas por representarem (em termos de sua média) 50% da nota bimestral.

Mais uma vez, por intuição visual, podemos afirmar que a diferença entre as médias não deve ter sido por acaso porque as barras de erro não se sobrepõem. Sabemos que, neste caso, os intervalos das barras de erro assumem praticamente o mesmo valor em seus extremos, como mostra o gráfico. Isso faz com que a nossa crença de que a diferença nas médias entre os dois grupos seja devido ao tratamento não seja tão evidente, mesmo para esse tipo de análise.

Temos que registrar aqui que o que nos faz acreditar na eficácia do tratamento aplicado não se sustenta apenas pela diferença nas médias. A mudança de comportamento dos alunos do grupo experimental ao longo do desenvolvimento do estudo em relação às atividades propostas, a interação dos estudantes entre si e com a professora e o aumento do interesse pela disciplina são evidências ainda mais fortes, que nos levam a acreditar na eficácia do tratamento para a facilitação da aprendizagem significativa desses alunos.

8.2 Análise dos questionários

Foi aplicado um questionário de opinião com a finalidade de procurar saber o que os alunos acharam a respeito da contribuição da inserção das atividades experimentais para a melhoria das aulas. Todos os alunos do grupo experimental responderam a esse questionário, cujos itens são apresentados a seguir.

1-Você já tinha feito algum experimento sobre o conteúdo de Física?

Sim () Não ()

26,09% afirmaram que já tinha realizado algum experimento, mas aproximadamente 74% dos alunos afirmaram que nunca tinham feito algum experimento, um número relativamente alto, para quem está no segundo ano do ensino médio.

2-Há quantos anos você estuda nessa escola?

Houve muita variação nas respostas para essa pergunta; ficou compreendido entre o período de seis meses a quatro anos.

3- Na sua escola tem laboratório?

Sim () Não()

Nesta questão não houve concordância entre os alunos: 56% afirmaram que há laboratório na escola, mas 44% disseram que não. Provavelmente aqueles que responderam não, consideram o fato de ter o ambiente físico sem equipamentos, conseqüentemente, sem laboratório. Os que afirmaram sim, em sua maioria, levaram em consideração as atividades que realizaram na escola neste estudo; dessa forma, responderam positivamente.

4- Com que freqüência você usa o laboratório?

Nunca () Raramente() Geralmente()

Apenas 26,09% afirmaram que raramente utilizam o laboratório; o restante afirmou que nunca usou o laboratório, mesmo tendo acabado de participar deste estudo, ocasião na qual foram ao laboratório freqüentemente.

5- As aulas experimentais melhoraram a sua compreensão a respeito dos conceitos científicos tratados? Em caso afirmativo, explicita algo que justifique a sua resposta.

Todos os alunos responderam afirmativamente a essa questão. Os principais argumentos foram: *“a gente passa a ver o conteúdo com mais clareza”, “há melhor compreensão do conteúdo”, “há entendimento mais fácil da matéria”, “a gente consegue constatar o que está escrito nos livros”, “visualizamos a forma que muitos cientistas descobrem os fenômenos”, “aprendemos na prática o que está na teoria”.*

6- Quais os aspectos positivos das aulas experimentais?

Dentre os pontos positivos da utilização das atividades experimentais os alunos destacaram, principalmente, que as aulas ficaram mais divertidas, mais descontraídas e que melhora a aprendizagem, pois, a integração entre professor aluno e entre os próprios alunos é maior.

7- Quais os aspectos negativos das aulas experimentais?

Nenhum aluno apontou aspecto negativo, o que não nos surpreendeu. Já esperávamos que, depois de passar o estranhamento inicial, os alunos fossem se envolver e gostar mais das aulas tal como foram implementadas.

8- Em sua opinião, as aulas experimentais deveriam acontecer com mais freqüência?

Por quê?

Todos os alunos afirmaram que sim, apontando aspectos que já foram mencionados anteriormente como: divertidas, descontraídas, melhoram a aprendizagem, interagem mais entre si, etc.

9- Em sua opinião, porque elas não acontecem?

As respostas para esse item foram essencialmente do tipo: *“a direção da escola não ajuda”, “os professores não são preparados”, “os professores têm preguiça de fazer aulas diferentes”, “não há materiais disponíveis”, “porque o laboratório está muito ruim, precisa ser arrumado”* e, principalmente, *“porque não existe laboratório em nossa escola”*.

10- A seu ver, o ensino se torna mais agradável, com as aulas experimentais? Por quê?

Todas as respostas foram positivas e a justificativa foi principalmente, por facilitar a aprendizagem de forma demonstrativa.

De uma maneira geral ficou claro que, ao final do estudo, o significado ou o sentimento em relação às aulas experimentais para os alunos mudou, não sendo mais vista como um passa tempo, nem como “picaretagem”, ou “enrolação” para professor não dar aula.

9 DISCUSSÃO

Como já dissemos, para que os alunos se sintam motivados para a execução de trabalhos experimentais, em qualquer nível de ensino, é preciso que a tarefa proposta pelo professor seja apelativa, que se apresente como um problema ou uma questão que o aluno veja interesse em resolver, que se sinta motivado para encontrar uma solução. O projeto de estudo aqui desenvolvido teve o propósito de responder algumas questões relativas á esse tipo de atividade. São elas:

- Os alunos do grupo experimental sentiram-se motivados, interessados e instigados para a realização dos trabalhos experimentais?
- As aulas experimentais propiciam o desenvolvimento de capacidades importantes para a formação científica do futuro cidadão?
- Como se deu o envolvimento dos alunos do grupo experimental com a nova proposta metodológica? Creditaram credibilidade?
- No grupo experimental, observou-se um aluno mais participativo no processo ensino-aprendizagem?
- Como foi o aproveitamento final dos alunos, submetidos às atividades experimentais?
- Como foi o aproveitamento final de todos os alunos que participaram desse estudo?

Muitos alunos do grupo experimental não se sentiram motivados inicialmente. Achavam que as atividades experimentais eram “enrolação” e em nada se relacionava ao conteúdo dado em sala de aula, mesmo com o trabalho prévio de apresentação e explicação do conteúdo.

O desenvolvimento de capacidades pessoais tais como motivação, poder de decisão, criatividade, autoconfiança, capacidade para resolver problemas apresentados, capacidade de comunicação, de análise crítica, determinação, etc, depende principalmente das estratégias que os professores utilizam no desempenho de sua atividade docente. A experimentação também preenche outros objetivos importantes na formação científica do cidadão, como a de despertar habilidades em técnicas de investigação experimental. Pode ainda ser usada para estreitar o elo com a teoria, embora com limitações, com muitas observações na natureza física do nosso cotidiano e até para motivar o aluno para o estudo da Física (THOMAZ 2000).

Em nosso estudo, os resultados nos levam a crer que atividades experimentais ajudaram desenvolver algumas dessas capacidades nos alunos do grupo experimental, mas a resistência apresentada inicialmente foi um fator que dificultou o andamento das atividades.

Na primeira atividade experimental os alunos mostraram-se incrédulos em relação à utilidade do experimento para a sua aprendizagem; atribuíam a mudança na rotina “à vontade enrolar as aulas por parte do professor”.

No início, a grande dificuldade foi a de envolver os alunos nos trabalhos e evidenciar a relação entre as atividades experimentais e o conteúdo teórico

correspondente. A totalidade dos alunos nunca havia desenvolvido atividades em laboratório antes; provavelmente esse seja o principal motivo da falta de credibilidade inicial por parte deles.

Neste estudo nos baseamos no fato de que o conhecimento dos alunos a respeito de fenômenos físicos, tal como são reconhecidos no dia a dia, são explicitado por eles através de uma linguagem própria, diferente do discurso científico. Dessa forma, nas aulas, buscamos relacionar o conhecimento prévio dos alunos ao conhecimento científico em questão, com uma linguagem acessível e com o suporte das atividades experimentais.

Cabe aqui colocar que os alunos do grupo de controle tinham conhecimento sobre as atividades experimentais desenvolvidas com os alunos do grupo experimental, o que gerou um certo 'ruído' na escola tendo sido contornado a contento, pela professora, durante o desenvolvimento do estudo.

Durante a primeira atividade experimental relativa ao pêndulo simples, ficou evidente a total falta de habilidade, por parte dos alunos, para o desenvolvimento das tarefas propostas; praticamente não houve discussões; os alunos não conseguiam estabelecer relações entre o trabalho experimental e o conhecimento científico relacionado a ele.

A partir da terceira atividade experimental, as discussões se tornaram mais efetivas, no sentido de o aluno tentar relacionar o conhecimento prévio ao conteúdo desenvolvido em sala de aula. Pareceu-nos que o conteúdo começou a fazer sentido para a realidade do aluno; ele pareceu estar adquirindo certo domínio sobre o conteúdo ensinado.

Este fato se deve a algumas providencias tomadas pela professora. Ao verificar que nas duas atividades experimentais anteriores, os alunos não estavam predispostos para essa nova rotina, a professora se empenhou em justificar a importância das aulas experimentais para o processo ensino-aprendizagem e, ainda em argumentar que o objetivo principal do estudo não era o de aumentar o rendimento dos alunos em termos de notas, mas sim o de promover um ensino mais voltado para a aprendizagem significativa dos conteúdos, na tentativa de diminuir o estigma de que Física é uma disciplina difícil; a melhoria de suas notas seria uma decorrência natural desse processo.

Comparando o grupo experimental com o grupo de controle em relação às avaliações aplicadas ao longo do semestre, percebemos que houve um aumento das notas do grupo submetido ao tratamento.

Nessas avaliações, com questões de múltipla escolha e questões abertas, os alunos apresentaram respostas que demonstram aprendizagem significativa do conteúdo, explicitado através da relação entre as atividades experimentais e os fenômenos a respeito dos quais já tinham conhecimento. Notamos também que os alunos do grupo experimental apresentaram maior facilidade de argumentação que os do grupo de controle. Apresentavam mais clareza de raciocínio na resolução de cada situação-problema proposta.

As avaliações do primeiro semestre foram efetuadas por outro professor e com metodologia de ensino diferente da que foi adotada no segundo semestre, quando foi desenvolvido este estudo.

Acreditamos que o descompromisso apresentado inicialmente por parte dos alunos com relação às atividades experimentais, se deva principalmente à inovação da

proposta para esse público, que a princípio não se deu conta do seu papel para a aprendizagem efetiva dos conteúdos. Segundo Ausubel, o compromisso por parte do aprendiz é um ponto importante para o desenvolvimento da aprendizagem significativa. O descompromisso dos alunos com as atividades em sala de aula, como um todo, prejudicou o entendimento pleno dos assuntos tratados nesse bimestre; eles achavam as aulas experimentais uma perda de tempo e uma “enrolação”. Podemos, portanto, inferir que no terceiro bimestre, não houve aprendizagem significativa dos conteúdos tratados tal como esperávamos.

A partir do terceiro experimento percebemos que os alunos se envolveram efetivamente na resolução da situação-problema proposta, aliando a teoria aos conhecimentos adquiridos com os experimentos e com aqueles conhecimentos que já possuíam. Acreditamos que a partir desse momento se iniciou um processo de aprendizagem significativa por meio da integração teoria-prática em sala de aula.

Desse ponto em diante, os alunos evidenciaram melhora na compreensão dos fenômenos, estabelecendo vínculos com aqueles presentes no seu dia a dia, explicitando uma argumentação mais elaborada para resolver a situação-problema, demonstrando desenvoltura com o manuseio dos equipamentos de laboratório, que agora passam a ser mais familiares.

Em relação ao aproveitamento final de todos os alunos que participaram desse estudo, ficou evidente que o grupo experimental conseguiu melhores resultados de aprendizagem do que o grupo de controle. A desenvoltura em relação aos materiais e conteúdos parece ser indício de aprendizagem significativa por parte dos alunos, pois, perto do final das aulas, eles propuseram a realização de uma feira científica, onde os

experimentos que eles desenvolveram pudessem ser mostrados ao restante dos alunos.

Para a feira científica utilizamos materiais de baixo custo para a realização dos experimentos, o que foi muito interessante, pois cada grupo ficou responsável pela montagem de uma atividade experimental, mostrando muita criatividade na confecção dos materiais.

10 CONCLUSÃO

A utilização de atividades experimentais como componente essencial nas estratégias de ensino de Física tem sido destacada por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar Física de modo significativo. Nossa pesquisa também aponta nessa direção.

De certa forma, o ensino tradicional não desenvolve capacidades científicas nos futuros cidadãos; tal ensino tende apenas a estimular uma participação passiva dos alunos no processo ensino-aprendizagem. No mundo globalizado, onde a informação é algo dinâmico, certamente esta não deve ser a única forma de se conduzir o ensino.

Pelos resultados de nosso estudo podemos afirmar que os alunos aprenderam significativamente o conteúdo abordado no segundo semestre letivo, devido à inserção das atividades experimentais nas aulas, planejadas para promover a integração teoria-prática. Isso nos leva a ressaltar fortemente a necessidade de se estruturar projetos para o ensino da Física, onde as aulas sejam planejadas de forma a motivar o aluno para a aprendizagem, integrando o conteúdo teórico a ser ensinado/aprendido às atividades experimentais pertinentes e coerentes com o nível de ensino em questão. Para isso, as aulas devem ser dinâmicas, com discussão dirigida/mediada pelo professor, que deverá conduzir o processo de resolução de situações-problema adequadas e que considere e utilize nesse processo, o conhecimento prévio relevante do aluno para aprender o conteúdo em questão.

Tal como já destacamos no capítulo três, Gil Perez e Valdés (1996) apontam que as atividades experimentais desenvolvem nos estudantes, dentre outros, o favorecimento da reflexão; a potencialização das análises qualitativas que ajudam na formulação de perguntas sobre o que se busca; a ênfase na formulação de hipóteses; a análise dos resultados à luz do conhecimento disponível, das hipóteses elaboradas e dos resultados de “outras pesquisas” (dos outros estudantes) e potencialização da dimensão coletiva do trabalho científico, por meio da organização de equipes de trabalho e da promoção da interação entre elas.

Alguns desses pontos foram identificados, em estágio inicial e possível de ser reforçado, no grupo experimental durante o desenvolvimento desta pesquisa.

A partir de certo momento, observamos maior envolvimento e reflexão dos alunos em relação ao objeto de estudo. Houve maior busca da solução das situações-problema através de análises qualitativas, amparadas pelos fundamentos teóricos aliados aos fenômenos e evidenciados pelas atividades experimentais.

Notamos também que, no trato com a situação-problema colocada, através das questões a solucionar, os alunos estabeleciam “hipóteses” a serem verificadas, buscavam amparo na teoria correspondente e discutiam seus dados com os outros grupos na busca da solução.

Quando essa dinâmica foi estabelecida, percebemos a importância do conhecimento prévio do aluno (tanto aquele formal quanto o de senso comum ou do “dia-a-dia”), que tem uma forte influência no processo de aprendizagem.

Podemos, portanto, afirmar que o melhor desempenho dos alunos do grupo experimental foi, de fato, devido ao tratamento ao qual foram submetidos, no qual as

atividades experimentais, com todo o seu potencial e planejadas de acordo, têm um papel fundamental.

Finalmente, precisamos destacar o fato de este ter sido um pequeno estudo, planejado com poucas atividades experimentais, desenvolvido em condições de infraestrutura precárias e em pouco tempo.

Mesmo assim, alcançamos resultados bastante animadores em termos da ocorrência de aprendizagem significativa, o que nos faz crer no grande potencial da experimentação, planejada de acordo, como agente importante na facilitação e promoção da aprendizagem significativa de conteúdos de Física em nível médio de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.25, n.2: p.176-194, 2002.

AXT, R. O papel da experimentação no ensino de ciências. In MOREIRA (ORG). *Tópicos em Ensino de Ciências*. Ed Sagra, PA, 1991.

BARBERÁ, O.; VALDES, P. El Trabajo Práctico en la Enseñanza de Las Ciencias: una Revisión. *Enseñanza de las Ciencias*. v.14, n.3: p. 365-379, 1996.

BARBOSA, A. C. C.; CARVALHAES, C. G.; COSTA, M. V. T.. A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, São Paulo, v. 28, n. 2, 2006.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, período: 1950 a 1980, ed. D., Departamento de Métodos Técnicas da Educação, Universidade Federal do Paraná, 1986.

BARREIRO, A. C. M.; BAGNATO, V. Aulas demonstrativas nos cursos básicos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.09, n.3: p.238-244, 1992.

BERNARDINO LOPES. J. Desarrollar conceptos de Física através del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.20, n.1,p.115-132, 2002.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*., v.19, n.3: p.291-313, 2002.

CASTRO REIGOSA, C. E.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE. M. P. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v.18, n.2: p. 275-284, 2000 .

COELHO, S. M.; BERNARDO, S.; WIEHE, L. C. N. Conceitos, atitudes de investigação e metodologia experimental como subsídio ao planejamento de objetivos e estratégias de ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.17, n.2: p.122-149, 2000.

FARIAS, A. J. O. A construção do laboratório na formação do professor de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.9, n.3: p.245-251, 1992.

FIGUEREDO, A.; PIETRECOLO, M. Física um outro lado: luz e cores. São Paulo: FTD, 2000.

FERRARO, N.G.; PENTEADO, P.C.; TOLEDO, P.S., TORRES, C. M. Física: Ciência e Tecnologia: volume único – São Paulo: Editora Moderna, 2001.

GIL PEREZ, D.; VALDES CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n.2, p. 155-163, 1996.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica*. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12 , n.3: p. 299-313, 1994.

KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das ciências. São Paulo: EPU, EDUSP, 1987.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. *Física, volume único*. São Paulo: Scipione, 1997.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa. Brasília. Ed. UnB, 1999a.

MOREIRA, M. A. *Teorias construtivistas*. Porto Alegre – Instituto de Física – UFRGS, 1999b.

MOREIRA, M. A. Investigación en educación en ciencia: métodos cualitativos. Atas do PIDEIC- Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências. Universidade de Burgos/Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 2002.

PINHO-ALVES, J. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. 302 f. tese de Doutorado. PPGE/CED/UFSC-Florianópolis/SC, 2000a

PINHO-ALVES, J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.17, n.2: p.174-188, 2000b.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.1: p.30-42, 2003.

SÉRÉ, M.G. La enseñanza en el laboratorio? Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n.3, p.357-368, 2002.

SILVA, L. H. A; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. (Orgs). *Ensino de Ciências: Fundamentos e abordagens*. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda. 2000. 120-150 p.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A Insustentabilidade da proposta indutivista de descobrir a lei a partir de resultados experimentais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física.*, v.19, número especial: p.7-27, 2002.

THOMAZ, M. F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*,v.17,n.3: p.360-369, 2000.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. A argumentação e o ensino de Ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. Faculdade de Educação/ Programa de Pós-graduação em Educação Revista. Brasileira. de Ensino de Física., São Paulo, v. 28, n. 2, 2002.