

# UMA ATIVIDADE EXPERIMENTAL INVESTIGATIVA DE ROTEIRO ABERTO PARTINDO DE SITUAÇÕES DO COTIDIANO♦

Claudio Luiz Hernandez<sup>a</sup> [clhernandes@yahoo.com.br]

Luiz Clement<sup>b</sup> [lclementfi@yahoo.com.br]

Eduardo Adolfo Terrazzan<sup>c</sup> [eduterra@ce.ufsm.br]

<sup>a</sup> Universidade Federal de Santa Maria e Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

<sup>b</sup> Universidade Federal de Santa Maria

<sup>c</sup> Universidade Federal de Santa Maria

## INTRODUÇÃO

Neste trabalho, discutimos como os estudantes e os professores de física do Ensino Médio realizam uma atividade experimental com roteiro aberto em sala de aula. Registramos em vídeo as atividades e discussões de uma turma de 3ª série do Ensino Médio, mas aqui, apresentaremos apenas o roteiro utilizado pela professora com as suas devidas etapas de trabalho, sendo essas, identificadas a partir de nossas observações e relatos da professora sobre as aulas.

Partimos do pressuposto de que as atividades experimentais constituem-se em um recurso didático para o ensino de Física e que estas podem e devem se constituir numa parcela substantiva e insubstituível das atividades didático-pedagógicas de nossas aulas de física na Escola Média. Para isso, buscamos:

- aproximar, do ponto de vista dos procedimentos metodológicos, as atividades experimentais de caráter didático (ou seja, as práticas de laboratório didático), das atividades experimentais de caráter científico (ou seja, das práticas de laboratório de investigação), naqueles aspectos que forem possíveis e justificáveis tais aproximações, resguardando sempre o caráter de espaço de transmissão e de difusão crítica da cultura que deve presidir a Escola Básica enquanto instituição;
- rever e ampliar (nossas) concepções do que sejam "situações experimentais" do ponto de vista didático-pedagógico, incluindo a escolha dos fenômenos, dos materiais e dos aparatos para uso em sala de aula.

Ao longo de algumas décadas da história de pesquisa na área de ensino de ciências em nosso país pode-se observar a preocupação de alguns pesquisadores na área de ensino voltada para a questão da elaboração de currículos mais eficientes, que promovam uma melhor aprendizagem e que satisfaçam as necessidades do aluno.

Os estudantes de hoje, encontram-se em meio a uma sociedade que o avanço da tecnologia é uma de suas características marcantes. Novos instrumentos tecnológicos surgem a cada momento e apesar de uma grande parcela de estudantes não terem acesso direto aos mesmos, têm contato com eles de forma indireta através de revistas, jornais e/ou televisão.

Neste sentido, os conhecimentos da Ciência Física, e nela está inserida a Física Moderna e Contemporânea, é essencial para a compreensão e discussão de seu papel na sociedade atual. É impossível avaliar e opinar sobre o que não se conhece, e é neste sentido que a abordagem nas escolas do Ensino Médio de conteúdos resultantes de pesquisas mais recentes em Física, se faz de extrema importância.

A Ciência Física desenvolvida no Ensino Médio deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca. O cotidiano vivido pelos estudantes assume papel fundamental na definição da forma de abordagem dos conteúdos previamente definidos como relevantes.

Neste contexto, o debate sobre o laboratório didático ganha nova importância, a partir de preocupações educacionais e curriculares mais amplas.

## **ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA CIÊNCIA FÍSICA**

Para identificar as atividades que constituem as aulas de física no Ensino Médio de nossas escolas, podemos observar algumas dessas aulas e analisar alguns livros didáticos dirigidos para este segmento ou mesmo estudar alguns trabalhos em didática da física. Assim percebemos que há três atividades que preponderam entre aquelas mais praticadas no ensino desta ciência: aulas expositivas ministradas pelo professor para apresentar aspectos da teoria relativa ao assunto tratado, sessões exaustivas de resolução de problemas-padrão e de exercícios numéricos e, em quantidade extremamente menor, práticas experimentais rigidamente orientadas e de cunho verificacionista das leis/princípios/modelos apresentados.

No atual ensino de física destaca-se principalmente um professor que fala em demasia e que trata de conhecimentos tidos como teóricos; os alunos são elementos passivos que escutam e copiam fórmulas em seus cadernos para, posteriormente, fazerem muitos exercícios numéricos.

Já as atividades experimentais raramente fazem parte do cotidiano escolar das aulas de física e, quando ocorrem, estão sempre associadas à manipulação de materiais/aparatos; normalmente limitam-se à simples observação de fenômenos, buscando a comprovação de teorias ou leis; sua função didática dificilmente é explicitada e quase sempre a sua vinculação com os objetivos de ensino é muito tênue. Em geral, as atividades experimentais são realizadas seguindo manuais ou roteiros auto-explicativos, estruturados segundo uma rígida seqüência de passos para a realização da experiência proposta. É como se os alunos estivessem seguindo uma "receita de bolo", ou seja, trata-se de um processo puramente mecânico.

### **Uma metodologia diferenciada para a realização de atividades experimentais**

A importância dada à experimentação pela ciência, vem desde os tempos de Francis Bacon, filósofo inglês (1561-1626), que acreditava que os experimentos eram necessariamente uma parte da ciência, as atividades de investigação não experimentais não podiam ser classificadas nem se quer como ciência (Medawar, 1988).

O papel do laboratório tem sido foco de contínuo debate ao longo da história no ensino de ciências. Nas décadas de 60 e 70, entre um elenco de categorias concebidas para a classificação das teses e dissertações desta época, o ensino experimental foi alvo de muitas investigações com 12% de ocorrências das pesquisas desenvolvidas no país (Brasil) sobre o ensino de Física do 2º grau, atualmente Ensino Médio. (Megid Neto e Pacheco, 1998, p.9).

Segundo Araújo e Abib (2000), o elevado número de pesquisas nesta temática, revela diferentes tendências e possibilidades para o uso de atividades experimentais, essa diversidade, ainda pouco analisada e discutida, não se explicita nos materiais de apoio aos professores. Dessa forma ficando aquém do desejável, pois a maioria dos livros didáticos ou manuais de apoio disponíveis para o auxílio do trabalho dos professores constituem-se ainda de orientações do tipo “livros de receitas”, o que sem dúvida, está muito distante das propostas atuais para o ensino de Física significativo e consistente com as finalidades do ensino no nível médio.

Um das tendências predominantes na área de ensino de Ciências é a de que os currículos devam visar uma “alfabetização científica” para todos os alunos. Segundo pesquisas nesta linha de investigação há fortes recomendações que priorizam a substituição das atividades experimentais tradicionais por atividades mais abertas, de natureza investigativa (Abib, 1988; Crus, 1997; Gonçalves, 1995; Ventura, 1992). As atividades experimentais com esta característica, passaremos a chamar de Atividades Experimentais com Roteiros Abertos.

Nesta proposta metodológica, investigação experimental a partir de roteiros abertos, o papel do professor e do aluno sofrem mudanças significativas: o professor deve saber muito mais do que a matéria que está sendo ensinada, é o responsável em lançar desafios, estabelecer perturbações, provocar no aluno a insatisfação e o desejo em querer buscar explicações. O professor é o mediador entre o tranqüilo e a inquietude, entre o senso comum e o conhecimento científico. O aluno deve sair da postura passiva de ouvinte e passar a participar ativamente das aulas, fazendo perguntas, expondo suas idéias, apresentando sugestões para a solução de problemas.

Neste tipo de abordagem, a idéia não é fazer do aluno um "cientista", e sim, através de alguns procedimentos científicos proporcionar ao aluno condições de refutar as suas idéias de senso comum e construir noções do conhecimento científico. Para isso o aluno precisa aprender a planejar e a conduzir suas ações de acordo com o planejamento da atividade. Assim, aluno e professor participam ativamente de todas as fases do experimento, desde o planejamento e levantamento de hipóteses, até a elaboração das conclusões.

Além disso, as atividades experimentais contribuem significativamente para a questão de motivação do aluno. Segundo Hodson e Reid (1993), o principal desafio que o professor de ciências enfrenta é essencialmente o de motivar o aluno, já que este é um dos elementos cruciais para aqueles que não demonstram ter um interesse ativo pelo mundo dos fenômenos naturais.

Para Carvalho, et al (1999, p.42), "utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo..."

Neste sentido, as atividades experimentais põem o aluno numa condição privilegiada de participar do seu processo de ensino-aprendizagem.

Segundo alguns autores (Hodson, 1994; Gil Pérez, 1996; Carvalho (coord.), 1999), em linhas gerais, uma atividade de investigação deve contemplar as seguintes etapas: escolha do objeto de estudo e apresentação do problema; expressão das idéias dos alunos; emissão de hipóteses; planejamento da investigação; execução do experimento; interpretação dos resultados; comparação dos resultados com as hipóteses iniciais e conclusões; aplicação a novas situações e elaboração de relatórios.

Frentes a estas orientações, elegemos três momentos que podem orientar a realização de uma atividade experimental num ensino por investigação, como segue:

### I. OBSERVAÇÃO/PREVISÃO

1. Observações livre do fenômeno.
2. Elaboração de breves relatos descritivos sobre a situação/fenômeno em observação.
3. Sugestão de explicações para o observado (Elaboração de modelo(s) explicativo(s) apropriado(s) para o fenômeno, levantamento de hipótese e previsão de resultados).
4. Estabelecimento de parâmetros/grandezas/variáveis necessários para analisar o fenômeno e das relações qualitativas e/ou semi-qualitativas entre eles.
5. Sugestão de procedimentos experimentais a serem seguidos para validar/contestar/refutar/verificar estas relações. Escolha de instrumentos de medida mais adequados. Determinação da quantidade de medidas para cada parâmetro (Identificação de procedimentos e seleção de técnicas experimentais).

### II. REALIZAÇÃO/FORMALIZAÇÃO

6. A discussão e a comparação entre esses modelos sugere a necessidade de um aspecto quantitativo para desempate desses modelos, explicações e hipóteses. Sendo o professor o responsável na orientação deste momento.
7. Realização da atividade experimental propriamente dita, segundo o(s) procedimento(s) sugerido(s).
8. Realização e organização das informações medidas (obtenção de resultados).

### III. COMPARAÇÃO/ANÁLISE

9. Qualificação dos resultados obtidos. (construção de tabelas e gráficos a partir das medidas).
10. Discussão do significado dos resultados obtidos (medidas individuais, médias, cálculos, incertezas).
11. Comparação entre os resultados obtidos na realização com aqueles previstos no item 3.
12. Elaboração de conclusões (procurando referenciar as hipóteses lançadas).
13. Aplicação a novas situações.

Estes momentos estratégicos servem de apoio e orientação ao professor na realização das experimentações em sala de aula.

As orientações que nortearão cada atividade experimental é o que denominamos de roteiros abertos, justamente por se basearem na discussão e no diálogo. Em cada atividade procura-se privilegiar mais o questionamento, a reflexão, do que propriamente a manipulação de materiais. Isso não significa dizer que a manipulação de materiais não deva ser abordado ou que seja menos importante.

Para uma atividade experimental caracterizar-se aberta, não quer dizer que ela tenha que contemplar todos os passos configurados na orientação sugerida acima. Acreditamos que pelo menos algumas destas etapas devem estar presentes na realização da atividade experimental.

Dentre os procedimento de um roteiro aberto, a apresentação de um problema aparece como ponto em comum em todas as sugestões dos autores acima citados. Para tanto, o professor deve apresentar uma situação problema que faça sentido e ao mesmo tempo de interesse do aluno ou pelo menos relevante do ponto de vista social, econômico ou político. O aluno deve sentir-se incomodado com o problema que se pretende resolver, para que se empenhe na busca de uma solução.

Além disso, o professor deve adotar atitudes de tal maneira que seu trabalho se baseie na abertura, na escuta e na compreensão, de modo que ele não seja o dono da verdade.

Em todo o processo de ensino-aprendizagem, o professor é quem vai diagnosticar os problemas, ajudar a formular as hipóteses de trabalho, eleger os seus materiais, planejar as atividades, relacionar outros conhecimentos com o conteúdo em estudo.

De modo geral, as atividades experimentais promovidas nos laboratórios ou mesmo em sala de aula devem ser diversificadas e balanceadas, estimulando o desenvolvimento dos alunos. Dentre tantas atividades, acreditamos que investigações, de variados níveis de complexidade, propostas pelos próprios alunos ou pelo professor, têm o potencial de engajar e motivar os estudantes, permitindo a superação das deficiências das atividades práticas tradicionais e fazendo com que os estudantes tenham um papel mais ativo no seu processo de aprendizagem.

## **METODOLOGIA**

Para a realização deste estudo, observamos as aulas em uma turmas de 3ª série do Ensino Médio, com 20 alunos, nos dias das aulas observadas, pois o número de alunos da turma é de 25 estudantes.

O trabalho didático-pedagógico, compreendeu 4 horas-aula e foi realizado durante o 2º semestre letivo de 2001, na Escola Estadual de 1º e 2º grau Tiradentes de Nova Palma/RS, pertencente a 8ª CRE/SE/RS.

As atividades de sala de aula foram realizadas pela professora titular da turma. As aulas foram acompanhadas através de observações diretas, vídeo-gravações e relatos da professora.

A atividade experimental, objeto desta pesquisa, foi sobre o fenômeno Efeito Fotoelétrico. A montagem experimental é composta basicamente de um eletroscópio e uma fonte de ultravioleta (lâmpada de Hg) e foi inserida na programação dos conteúdos de Óptica, especificamente em Óptica Física.

Este trabalho insere-se em um projeto de pesquisa maior, que visa a atualização curricular no ensino de Física do Ensino Médio e a formação continuada de professores em serviço. Para identificação desse grupo, denominamos de GTPF – Grupo de Trabalhos de Professores de Física do Núcleo de Educação em Ciências da UFSM/SM/RS, no qual a professora participante desta pesquisa faz parte.

No ano de 2001, o quadro geral do grupo foi aproximadamente de 15 pessoas, distribuídas entre Professores de Física da escola média, atuando no sistema público de ensino, alunos em diversos estágios da sua formação, da graduação ao mestrado, atuando como professores de Física e como iniciantes na pesquisa em ensino, e docentes da universidade, pesquisadores da área de ensino de Física.

As principais ações pretendidas no âmbito do grupo (GTPF) são:

- Produzir um conjunto de Módulos Didáticos (MD) sobre os conteúdos de Física Clássica com a incorporação de temas de Física Moderna pertinentes para serem desenvolvidos no Ensino Médio, sob responsabilidade dos participantes do GTPF;
- Estabelecer e avaliar mecanismos coletivos de orientação e acompanhamento da prática pedagógica dos participantes do GTPF, que têm responsabilidade de regência de turmas;
- Avaliar o trabalho realizado em sala de aula, através de práticas crítico-reflexivas individuais e coletivas;
- Proceder à reformulação e validação provisória dos MD produzidos a partir da avaliação de todo o trabalho realizado.

O grupo se reúne semanalmente para estudar e elaborar Planejamentos Didáticos Pedagógicos para as três séries do Ensino Médio, que se constituem em Módulos Didáticos (MD) para implementação em sala de aula. Nestas reuniões há também sessões para avaliar estas implementações e para reformulações dos MD com vistas à futuros desenvolvimentos. Entre os recursos utilizados nestes planejamentos há uma especial atenção as Atividades Experimentais com Roteiros Abertos e aos Textos de Divulgação Científica, compreendidos pelos textos encontrados em Revistas, Jornais e também na rede Internet.

A atividade experimental sobre o Efeito Fotoelétrico também foi sugerida aos demais integrantes do GTPF, mas aqui, estas práticas não serão analisadas.

Neste trabalho, a nossa participação limitou-se na montagem e sugestão da atividade para a professora, além das observações/coleta de informações e análise das mesmas.

## **RESULTADOS**

Por questões de ordem técnica, não identificaremos os alunos. Identificaremos, sim, os Grupos (A, B, C e D) que foram organizados pela professora, como aparecerá no relato.

O objetivo principal do trabalho foi identificar os pontos cruciais da atividade experimental e como o professor conduziu a atividade em sala de aula. Também procuramos levantar as principais dificuldades encontradas tanto pelo professor como pelos alunos no trabalho de investigação experimental.

A professora se baseou nos textos de dois livros didáticos como referência: GASPAR, A. Física: eletromagnetismo/física moderna. v.3. São Paulo: Ática, 2000 e GREF. Física 2: Física térmica/óptica. São Paulo: EDUSP 1988 (4ª ed.).

Do nosso ponto de vista, o planejamento da atividade experimental com roteiro aberto constitui-se de três momentos, ou seja, observação/previsão, formalização/realização e comparação/análise, os quais passaremos a descrever a seguir.

## **I MOMENTO: OBSERVAÇÃO/PREVISÃO**

### Definição do problema

No primeiro momento da aula, a professora iniciou com uma simples conversa com os alunos sobre algumas situações-problema. O objetivo dessa conversa foi de levantar o grau de conhecimento que os alunos tinham sobre o assunto, como de despertar a curiosidade dos mesmos. As situações foram:

- *O funcionamento das lâmpadas da iluminação pública (acendimento automático).*
- *As portas automáticas em estabelecimentos comerciais.*
- *O controle remoto (TV, aparelho de som, alarmes, portões).*

A reação dos alunos foi imediata: quando a professora apresentou estas situações, deu para perceber que a expressão facial dos alunos mudou. Surgiram vários comentários sobre os aparelhos de som e TV que cada um tem em casa.

Sobre as portas automáticas, surgiram comentários do tipo: “as portas do BIG” e as “portas do Santa Maria”, ambos Shopping da cidade de Santa Maria. O curioso é que na cidade onde estes alunos estudam e residem não tem nenhum estabelecimento comercial que possua estes dispositivos, mas sabe-se que quase todos os alunos já freqüentaram os Shopping de Santa Maria.

Após a apresentação e discussão dessas situações cotidianas, a professora colocou para os alunos que o objetivo principal das próximas aulas seria a realização de uma pequena investigação experimental, na tentativa de buscar uma resposta para a seguinte questão-problema:

- *O que faz com que esses dispositivos eletrônicos funcionem automaticamente (controle remoto, portas e iluminação pública)? E quais as condições para que isso ocorra?*

Alguns alunos arriscaram alguns comentários do tipo: “as lâmpadas acendem a noite... as portas abrem quando nos aproximamos”.

Na tentativa de simplificar o trabalho dos alunos, a professora deu algumas pistas por onde os alunos deveriam iniciar a investigação. Neste sentido, sugeri que os alunos comesçassem por observações livres do aparato experimental que iria ser distribuído por grupos, para tentar identificar quais as variáveis/propriedades envolvidas.

## Identificação de variáveis e levantamento de hipóteses explicativas

A professora sugeriu, ainda, uma pergunta complementar, especificamente sobre a iluminação pública, como segue:

- *Quais as variáveis envolvidas para que a lâmpada acenda automaticamente ou permaneça apagada?*

Neste momento da aula, a professora organizou pequenos grupos de 5 alunos (quando necessário chamaremos de grupo A, B, C ou D) e disponibilizou o material experimental necessário para cada grupo.

Antes disso, um dos alunos do Grupo A perguntou à professora:

- *Aluno - O que são variáveis envolvidas?*
- *Prof<sup>a</sup> - O que você entende por variáveis?*
- *Aluno - ...não sei! Mas, acho que sãooooo...*
- *Prof<sup>a</sup> - São o que?*
- *Aluno - As coisas envolvidas*
- *Prof<sup>a</sup> - que coisas são essas?*
- *Aluno - Ora, a lâmpada, poste... acho que é isso.*

A professora complementa dizendo que era isso mesmo, que eles (alunos) tinham que identificar, a partir dos materiais que ela iria distribuir por grupo (réplica de uma lâmpada da rua), os fatos, os materiais, as situações, os aspectos, enfim o que estava envolvido e variando na atividade.

Material experimental utilizado:

- 1 lâmpada comum (incandescente) acoplada a um relé fotoelétrico do tipo utilizado na iluminação pública (com os devidos suportes).

De posse do material, os alunos realizaram um estudo qualitativo, em que eles fizeram observações livres da experiência (acenderam e apagaram a lâmpada automaticamente sem um interruptor mecânico), tentando identificar as variáveis envolvidas, como sugere a questão anterior.

Assim, a professora proporcionou momentos para que os alunos pudessem expor suas opiniões, na tentativa de identificar as variáveis envolvidas no experimento (hipóteses explicativas).

Dessa forma, as principais variáveis que pudemos identificar foram: a presença de corrente elétrica no circuito (circuito fechado), tipos de materiais presentes na fotocélula, escuro - lâmpada acesa e claro – apagada e o acendimento da lâmpada depende do tipo de luz.

Com relação a última hipótese, os alunos do Grupo A chegaram a ela no momento que cobriram a fotocélula com uma camiseta escura (simulando a noite) e com o acionamento de um controle remoto de um televisor (simulando o dia ou um tipo de claridade) disponível na

sala de aula, também coberto pela camiseta. Tentaram acender a lâmpada, mas a tentativa foi frustrada, pois a lâmpada não acendeu.

Ainda, outro aluno do Grupo B, complementou esta atividade dizendo: “...outro dia em minha casa, eu apaguei a lâmpada do poste com uma caneta laser, eu só mirei para esta caixinha e a lâmpada apagou...”

Terminado o trabalho de observação do fenômeno e levantamento de hipóteses, a professora sugeriu que os grupos fizessem breves relatos (resumos) do trabalho para organizarem suas idéias, com o objetivo de prepararem-se para uma discussão com toda a turma. Logo, foi muito importante o fato da professora ter promovido a discussão geral com todos os grupos para sintetizar as opiniões e hipóteses levantadas.

### Controle de variáveis

Para a testagem das hipóteses (controle de variáveis) foi necessária a elaboração de um plano de trabalho para o desenvolvimento da experiência, apesar desta já ter sido realizada pelos alunos, mas a professora insistiu para que fizessem essa tarefa, pois seria um ensaio para a atividade experimental posterior (outra situação de ocorrência do fenômeno Efeito Fotoelétrico).

Neste momento, a professora fez alguns questionamentos para orientar os alunos, como:

- *Tipos de materiais que iriam utilizar para testar as hipóteses?*
- *Como fazer e o que observar?*
- *Quais os cuidados que devemos tomar com as experiências?*
- *Como organizar os dados coletados?*

À medida que os grupos foram trabalhando na elaboração do plano, a professora foi observando as respostas dos alunos para que pudesse sugerir ou mesmo indicar algumas das etapas da experimentação.

O fechamento da atividade de elaboração de um plano de trabalho foi feito pela professora, com a sistematização das propostas de trabalho. Elaboraram um plano único para toda a turma com a finalidade de minimizar o trabalho da professora. Neste plano, ficaram claras as linhas gerais que norteariam a testagem das hipóteses antes do início da experimentação propriamente dita.

O plano de trabalho sugerido pelos alunos e sistematizado em um único plano pela professora foi basicamente os mesmos procedimentos utilizados na identificação das variáveis/hipótese.

## **II. MOMENTO: FORMALIZAÇÃO/REALIZAÇÃO**

### Testagem de hipóteses/experimentação

O experimento sugerido no momento anterior (conforme relato da professora) serviu para exemplificar e/ou reproduzir de maneira mais "visível" o fenômeno observado a partir do

acender/apagar da lâmpada acoplada ao relé fotoelétrico com a incidência ou não de luz externa.

A partir daí, a professora sugeriu uma nova experiência para a observação do Efeito Fotoelétrico, pela descarga de um eletroscópio acoplado a uma placa metálica (foram usados três tipos de placas: Zinco, Cobre e Alumínio) a partir da incidência de radiação/luz de diferentes frequências e intensidades.

Material experimental utilizado:

- 2 lâmpadas comum 60W e 150W com os respectivos suportes
- 1 fonte de radiação UV (pode se utilizar uma lâmpada de Hg 250W com suporte e reator compatível)
- 1 eletroscópio de haste móvel
- 3 placas, Cu, Zn e Al

O eletroscópio utilizado, nesta experiência, foi construído pelos alunos a partir de material caseiro (vidro de maionese, lâminas de alumínio, alfinete).

Como fonte de ultravioleta, foi utilizada, uma lâmpada de mercúrio. A lâmpada foi devidamente preparada para isso, ou seja, retirou-se o bulbo externo que evitava a passagem da radiação UV necessária para a execução da experiência. (A preparação da lâmpada foi feita no NEC).

A professora orientou os alunos para os cuidados que deveriam tomar no manuseio da luz produzida pela lâmpada de mercúrio, principalmente com os olhos, por isso justificou a necessidade de se proteger a lâmpada com uma caixa de madeira, vidro ou papelão. A figura abaixo ilustra a montagem completa do experimento:

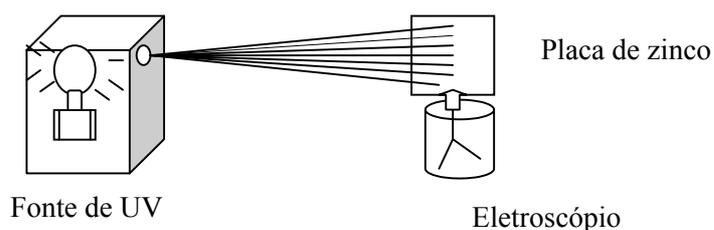


Fig. 1 – Ilustração da montagem completa do experimento – Efeito Fotoelétrico

Após comentários e discussões sobre o experimento a ser realizado, a professora, juntamente com os alunos, estabeleceram algumas questões para a orientação e reflexão durante a execução da experiência (plano de execução da experiência e testagem de hipóteses), a saber:

1. *Como carregar o eletroscópio?*
2. *Incida luz fornecida por uma lâmpada incandescente de 60W, na placa de zinco acoplado ao eletroscópio carregado eletricamente, o que você observa? Ainda, aumente a potência (intensidade) da fonte luminosa para 150W, descreva o que você observa?*

3. *Se substituirmos a lâmpada incandescente pela lâmpada de mercúrio (Hg) e incidirmos esta luz na placa de zinco acoplado ao eletroscópio, carregado eletricamente, o que observamos? Explique o observado.*
4. *Supondo que o eletroscópio esteja carregado eletricamente com cargas negativas, conseqüentemente a placa de Zn também, servindo como elemento fotossensível e é iluminada com uma luz capaz de neutralizar esta carga. Como ocorre esta neutralização?*
5. *Haveria necessidade da placa fotossensível estar carregado eletricamente para que o fenômeno ocorra? Justifique.*
6. *Se substituirmos a placa de zinco pelas placas de Cu e Al, respectivamente, e repetirmos o mesmo procedimento para ambas as placas (questões b e c) o que observaremos?*
7. *Compare os efeitos observados na experiência com o uso das três placas distintas, justificando suas comparações.*

Essas questões foram incorporadas ao planejamento da atividade experimental, uma vez que os alunos tiveram pouca ou quase nenhuma reação e opinião de como realizar a experiência.

Na realização da experiência, os grupos praticamente não tiveram dificuldades em carregar com cargas elétricas o eletroscópio, pois segundo a professora, ela já tinha trabalhado com eles este tópico no início do ano letivo.

Para o funcionamento do eletroscópio, professora e alunos estabeleceram que o eletroscópio deveria ficar carregado (hastes afastadas) no mínimo cinquenta segundos. Os eletroscópios que não ficaram carregados esse tempo foram secos com um secador de cabelos, o que solucionou o “problema”.

O restante da atividade aconteceu de acordo as questões constando no plano de trabalho definido no início dessa atividade experimental. A professora orientou cada grupo de trabalho no sentido de que deveriam registrar as observações, bem como, as suas explicações para o que estava acontecendo.

É importante ressaltar que para esta atividade experimental (eletroscópio e lâmpada de Hg) não foi feito o levantamento de hipóteses explicativas no início do experimento. Acreditamos que a professora não fez isso em função de que esta situação experimental não é um fato tão cotidiano para os alunos (junção do eletroscópio com a lâmpada de Hg) ou ainda, porque esta atividade experimental no contexto geral da aula surge como um exemplo para o fenômeno em estudo (efeito fotoelétrico), cujo objetivo principal era explicar o funcionamento dos dispositivos que controlam o acender/apagar de uma lâmpada da iluminação pública, abrir/fechar de uma porta automática e controle remoto dos aparelhos de som e TV.

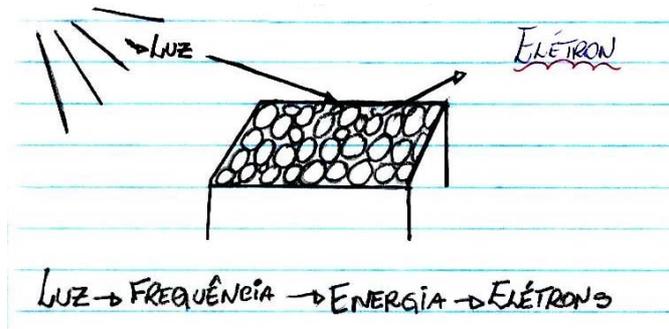
Assim, as explicações dos alunos aparecem no momento em que estão coletando os dados e que tentam justificar o que estão observando experimentalmente.

A partir dos registros dos alunos, por grupos, destacamos alguns trechos, como segue:

Grupo A

→ um eletroscópio carregado é capaz de se descarregar rapidamente somente com o miolo de uma lâmpada de mercúrio.

- um eletroscópio carregado é capaz de se descarregar rapidamente somente com o miolo de uma lâmpada de mercúrio.



### Grupo B

O zinco perde sua eletrização mais rápido, em segundo lugar o cobre, o mais "demorado" é o alumínio, para isso depende do tipo de luz e material usado.

Para isso o tipo de luz foi importante pois a luz do ambiente levava a demora do descarregamento dos corpos dos elétrons carregados, por isso foi usado vários tipos de luz, e constatamos que a luz de mercúrio era a mais forte, então descarregava os elétrons mais rápido, mostrando bem o processo de eletrização.

### Grupo C

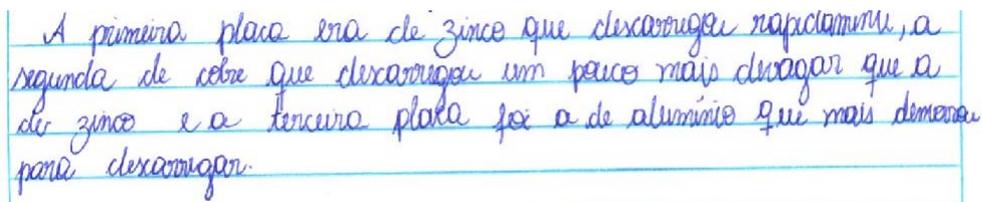
- Um eletroscópio carregado positivamente observa-se que ao encostarmos o dedo automaticamente descarregará devido ao calor, do mesmo modo de que se aproximarmos uma lâmpada ultra-violeta, que tem auto potencial calorico.

- Se a extremidade do eletroscópio for de cobre as hastes se fecharão rapidamente. Se for de alumínio se descarregará mais lentamente devido a que a placa de alumínio se oxidará se transformando em oxido de alumínio.

- Um eletroscópio carregado positivamente observa-se ao encostarmos o dedo automaticamente descarregará devido ao calor, ao mesmo modo de que se aproximarmos uma lâmpada ultra-violeta, que tem auto potencial calorico.

- Se a extremidade do eletroscópio for de cobre as hastes se fecham rapidamente. Esse for de alumínio se descarregará mais lentamente devido a que a placa de alumínio se oxidará se transformando em oxido de alumínio. (sic)

## Grupo D



A primeira placa era de zinco que descarregou rapidamente, a segunda de cobre que descarregou um pouco mais devagar que a de zinco e a terceira placa foi a de alumínio que mais demorou para descarregar.

A primeira placa era de zinco que descarregava rapidamente, a segunda de cobre que descarregou um pouco mais devagar que a de zinco e a terceira placa foi a de alumínio que mais demorou para descarregar.

### Nossos comentários sobre estes apontamentos

Apesar das constatações e explicações dos alunos estarem num nível quase elementar, mesmo assim podemos constatar, nestes apontamentos, algumas concepções em relação ao fenômeno em observação.

No Grupo A, por exemplo, na representação gráfica feita pelos respectivos alunos do grupo aparecem raios de luz (representados por setas) que interagem com a placa de meta (ligada ao eletroscópio) e a emissão de elétrons (é difícil saber o que são estes raios de luz representam para os alunos, uma vez que isso não foi explorado pela professora).

O curioso é a representação dos elétrons ou átomos ou ainda, talvez, nem sejam átomos que os alunos estejam querendo representar, e sim que a placa metálica é formada de pequenas porções representados por minúsculas “bolinhas/círculos” e que um raio de luz é capaz de colidir com uma dessas “bolinhas”, um a um, como um jogo de sinuca/bilhar e, dependendo do choque, move a bolinha que esta parada, nesse caso a que está na placa metálica. A visão deste grupo se aproxima da teoria corpuscular da luz. É possível, também, interpretar a partir da associação “Luz  $\rightarrow$  Frequência  $\rightarrow$  Energia  $\rightarrow$  Elétrons”, que esses alunos têm alguma noção de que luz diferente (cor) está associada à frequência e energia diferentes e isso provocou a “retirada” de elétrons do metal. Esses elétrons também estão associados a uma energia, à medida que, a luz incidente seja capaz de arrancá-lo do metal.

No Grupo B, também uma interpretação de que a luz “ambiente” (luz natural ou a luz das fluorescentes da sala de aula) demora mais para descarregar o eletroscópio e basta esperar um certo tempo que o fenômeno acontecerá do mesmo modo, ou seja, a luz fornece energia aos poucos aos elétrons: uma vez que a sua intensidade é pequena, esses iriam acumulando energia até à ejeção. Com relação a lâmpada de mercúrio ser “mais forte” (mais intensa) acontece a descarga mais rápida do eletroscópio e isso sugere que aumentando a intensidade da luz seria aplicada mais força sobre os elétrons e portanto iriam ser ejetados facilmente. Tais interpretações são as mesmas concepções da teoria ondulatória clássica para o efeito fotoelétrico.

Já no Grupo C, as suas interpretações para a observação experimental estão fora de qualquer concepção teórica (ondulatória ou corpuscular para a luz), uma vez que “os alunos” apontaram para o calor fornecido pela mão como o responsável pela descarga do eletroscópio. O mesmo aconteceu com a lâmpada de Hg, já que essa forneceu muito mais calor, segundo o Grupo.

O Grupo D, apenas descreve as observações do experimento e não apresenta nenhuma explicação para as mesmas.

### III. MOMENTO: COMPARAÇÃO/ANÁLISE

#### Interpretação dos dados coletados e conclusões

Antes das discussões finais, a professora solicitou que um aluno de cada grupo relatasse as explicações atribuídas às observações experimentais. As apresentações foram basicamente os recortes mencionados acima.

Neste momento, a professora, juntamente com os alunos, estabeleceu comparações entre as hipóteses explicativas de cada grupo sobre o experimento.

Como já pudemos perceber (descrição acima), houve divergências entre as conclusões dos grupos, apesar de ambos utilizarem praticamente os mesmos procedimentos experimentais.

Nesse momento, a professora disse aos alunos que as divergências na interpretação do experimento era esperado, já que eram pessoas diferentes e as interpretações iriam depender de cada grupo ou cada pessoa.

Para finalizar a atividade, a professora fez uma sistematização dos conhecimentos, uma vez que os alunos encontravam-se em graus diferentes de compreensão da atividade experimental desenvolvida. Este fato também contribuiu para a promoção da organização e sistematização dos conhecimentos adquiridos pelos alunos. A professora aproveitou também para retomar a questão-problema inicial, já que todo o trabalho realizado era para tentar responder tal questão, ou seja, *o que faz com que o controle remoto, as portas e as lâmpadas da iluminação pública funcionem automaticamente? E quais as condições para que isso ocorra?*

Nesse sentido, a professora estabeleceu as condições necessárias para que esse dispositivos funcionem automaticamente e que o fenômeno envolvido em cada uma dessas situações era o Efeito Fotoelétrico e que este fenômeno se dá a partir das relações existentes entre:

- a frequência da radiação incidente e o material fotossensível (função trabalho);
- a ejeção dos elétrons (energia cinética) da placa metálica e a energia da radiação incidente, que deve ser maior que a função trabalho do material fotossensível;
- a intensidade da luz/radiação e a energia (luz mais intensa não significa luz mais energética);
- a energia da radiação e a frequência.

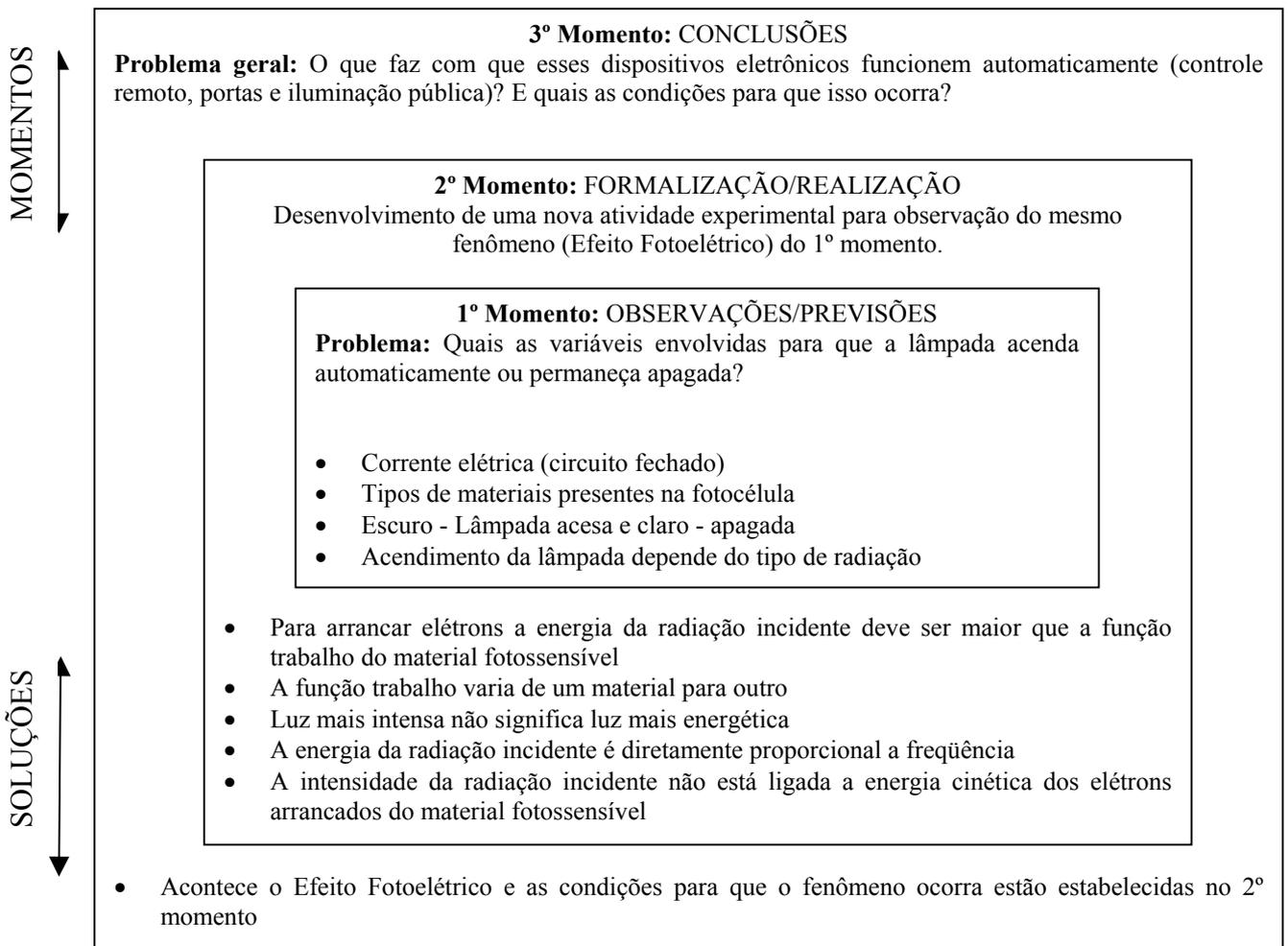
Ainda, a professora questionou os alunos sobre o comportamento dual da luz (onda-partícula), estabelecendo o efeito fotoelétrico como decorrência de uma interação corpuscular da luz com a matéria e como atividade final de todo o trabalho de investigação, a professora exigiu a elaboração de um relatório discutido e redigido pelo grupo.

Com relação a atuação dos alunos na realização da atividade experimental, percebemos que eles apresentaram maior dificuldade no momento da elaboração do plano de trabalho para testagem das hipóteses, uma vez que foi a professora quem orientou os alunos

na elaboração do plano de trabalho para o desenvolvimento da segunda experiência sugerida pela professora.

Destacamos, ainda, a importância da professora nessa atividade investigativa, pois ela proporcionou bons momentos de discussão com os alunos, fazendo com que estes expusessem suas idéias e opiniões. Além disso, as suas intervenções foram fundamentais para o andamento e a conclusão da atividade.

O diagrama, a seguir, ilustra a relação entre os momentos da atividade experimental e as soluções encontradas em sala de aula para cada um deles.



Com relação ao encadeamento das etapas, é importante salientar que o ponto de partida, 1ª momento, foi um estudo qualitativo do fenômeno em questão. O 2º momento está direcionado a um estudo quantitativo, chegando a se estabelecer as condições para que o Efeito Fotoelétrico ocorra, e o 3º momento, caracterizado pelo fechamento da atividade experimental, estabelece-se novamente um estudo qualitativo, em que se determina a solução para a questão-problema principal da atividade investigativa e faz-se as discussões e observações necessárias para sanar as dúvidas restantes dos alunos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tentamos, com este trabalho, explorar/explicitar os caminhos tomados pela professora na realização da atividade experimental de roteiro aberto, para tentar entender qual a visão da professora sobre uma atividade de investigação e, também, compreendem como um ambiente de aprendizagem centrado na reflexão sobre o que se está fazendo e não somente na manipulação de equipamentos e da medição, pode contribuir para o desenvolvimento do pensar científico dos alunos.

Podemos apontar, a partir da atividade experimental de investigação, que essa favoreceu uma maior conceitualização, dado que possibilitou aos alunos porem em prova as suas idéias, problematizarem acerca do fenômeno abordado, procurarem vias alternativas de solução e confrontarem suas opiniões com as dos colegas (discussões que ocorreram nos grupos isolados e coletivos com a professora da turma).

Com relação a atuação da professora, no desenrolar da atividade, destacamos algumas dificuldades ou falhas, como por exemplo, no momento em que os alunos (grupos) apresentaram as suas observações e explicações sobre o experimento, trechos grifados no relato. No próprio relato, já destacamos as possíveis concepções que apareceram sobre o fenômeno. A professora deixou de explorar este aspecto, praticamente não soube o que fazer com as respostas dos alunos.

Esta atividade propiciou boas condições para que os estudantes realizassem testagem de hipóteses e desenvolvessem a criatividade e a capacidade de reflexão. Por sua vez, esse experimento também possibilitou, ao aluno, contrastar os novos conhecimentos com os seus conceitos espontâneos. Sendo que a preocupação principal destas atividades foi a de propiciar aos estudantes uma reformulação de suas explicações causais para os fenômenos investigados.

A partir dessa atividade experimental e metodologia empregada, destacamos aspectos pelos quais acreditamos na eficiência desta estratégia didática. Essa foi capaz de estimular a participação ativa dos estudantes, despertar a curiosidade e o interesse e propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável e rico em situações novas e desafiadoras, que possibilitaram o pleno desenvolvimento das potencialidades dos alunos.

Embora a simplicidade dos materiais utilizados na montagem do experimento e da atividade ter sido realizada na sala de aula e não numa sala específica de laboratório, conseguiu-se instituir um ensino por investigação, a partir de situações problemas, proporcionando, assim, uma visão coerente de uma atividade científica.

Neste sentido, parece-nos satisfatório o trabalho da professora no que diz respeito a sua visão do que seja um trabalho de investigação, pois conduziu a atividade experimental de modo organizado, abriu espaços para discussões, orientou os alunos, enfim, participou de todo o processo de investigação.

A partir deste trabalho, é encorajador afirmar que as atividades experimentais de investigação além de proporcionar um ambiente propício para um ensino efetivo, oferecem a chance de um melhor entendimento da Física e a formação de uma postura no aluno de contínua busca de conhecimentos.

Como sugestão, esta atividade experimental além de poder ser desenvolvida concomitante aos conteúdos de Óptica Física, também pode ser inserida aos conteúdos de

Física Ondulatória, normalmente trabalhada na 2ª série do Ensino Médio ou ainda, concomitante aos conteúdos de Eletrostática, especificamente em Processos de Eletrização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS

ABIB, Maria Lucia V. dos S. **Uma abordagem Piagetiana para o ensino de flutuação dos corpos**. São Paulo: Faculdade de Educação/USP, 1988. (Série: Textos – Pesquisa para o Ensino de Ciências, 2). 94p.

ARAÚJO, Mauro S.T. de; ABIB, Maria Lucia V. dos S. Experimentação no ensino médio: novas possibilidades e tendências. In: ABIB, M.L.S. et al. (Eds) ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VII, 2000, Florianópolis, **Atas do evento**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2000. (CD-ROM, arquivo: c005-015.pdf) (texto 17p).

CARVALHO, Anna Maria P. de (coord.), et al. **Termodinâmica um ensino por investigação**. São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 1999.

CRUZ, G. K. Uma nova visão para conduzir as atividades iniciais do laboratório de eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 19, n.2, 282-286, 1997.

GIL PÉREZ, Daniel; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.14, n.2, 155-163, 1996.

GONÇALVES, M. E.; CARVALHO, A. M. P. As atividades de conhecimento físico: um exemplo relativo à sombra. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v.12, n.1, 7-16, 1995.

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

HODSON, Derek; REID, David J. **Ciencia para todos em secundaria**. Madrid: NARCEA, 1993. (Tradução: M. J. Martín-Díaz).

MEDAWAR, P.B. **Consejos a un joven científico**. Argentina: Fondo de Cultura Económica, Ediciones Nuevo Pais, 1988.

MEGID NETO, Jorge; PACHECO, Décio. Pesquisas sobre o ensino de física do 2º grau no Brasil'. In: NARDI, Roberto (Org.) **Pesquisas no ensino de física**. São Paulo: Escrituras Editora. p.5-20, 1998. (Série Educação Para a Ciência)

VENTURA, P. C. S.; NASCIMENTO, S. S. Laboratório não estruturado: uma abordagem do ensino não experimental. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v.9, n.1, 54-60, 1992.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS

**Estudos e discussões sobre esta temática também podem ser encontrados nas seguintes referências bibliográficas:**

GIL PÉREZ, Daniel, et al. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz e papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.17, n.2, 311-320, 1999.

GONÇALVES FILHO, A; TOSCANO, C. **Física e realidade: eletricidade e magnetismo**. São Paulo: Scipione, v.3. 1997. 384p.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Leituras de física: eletromagnetismo**. São Paulo: IFUSP, v.30 a 40, 1998.

HALLIDAY, David, et al. **Fundamentos da física 4: ótica e física moderna**. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, v.4, 1995.

HERNANDES, C. L. et al. Acompanhando a prática pedagógica de professores em de aulas de física no ensino médio'. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO - REGIÃO SUL, III, 2000, Porto Alegre, **Anais do evento**. Porto Alegre: UFRGS, PPGEDU, 2000. (CD-ROM, arquivo: 123.rtf) (texto 19p).

HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades experimentais no ensino médio, um ensino por investigação: exemplos em física moderna. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XIV, 2001, Natal/RN, **Atas do evento**. São Paulo: UFRN, SBF, 2001.

HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Concepções de professores em formação e em exercício sobre as práticas experimentais. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 52ª, 2000, Brasília, **Anais do evento**. São Paulo: SBPC, 2000.

HERNANDES, C. L.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Física moderna no ensino médio através de atividades experimentais: atualizando práticas de professores em serviço. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 53ª, 2001, Salvador, **Anais do evento**. São Paulo: SBPC, 2001.

SANTINI, Nestor D.; SCHMIDT, Inés Prieto, et al. Um exemplo alternativo de roteiro experimental de física no ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XII, 1999, Brasília, **Atas do evento**. São Paulo: SBF, 1999.

SILVA, Leandro B.; SCHMIDT, Inés Prieto, et al. Atividades experimentais: o que pensam os alunos e uma proposta de trabalho. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XII, 1999, Brasília, **Atas do evento**. São Paulo: SBF, 1999

STRIEDER, Dulce M. **Atualização curricular e ensino de física na escola média**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Educação, 1998. (Dissertação de Mestrado).

TERRAZZAN, E. A.; HERNANDES, C. L.; CHAVES, T. V. Currículo e mudança didática em sala de aula: acompanhando a prática pedagógica de professores em serviço. In: ABIB, M.L.S. et al. (Eds) ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VII, 2000, Florianópolis, **Atas do evento**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2000. (CD-ROM, arquivo: c053-193.pdf) (texto 15p).

TERRAZZAN, E. A.; HERNANDES, C. L.; CHAVES, T. V. Participando em grupos de trabalho, atualizando currículos e transformando a prática pedagógica. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN EN CIÊNCIAS EXPERIMENTALES, II, 2000, Córdoba/Argentina, **Atas do evento**. Córdoba/Argentina, 2000. (arquivo: T2-050.doc) (texto 3p).

TERRAZZAN, Eduardo A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Cad. Cat. Ens. Fis.** Florianópolis, v.9, n.3, 209-214, 1992.

TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média.** São Paulo: USP, Faculdade de Educação da USP, 1994. (Tese de Doutorado)

TERRAZZAN, Eduardo A. Articulação entre formação inicial e formação permanente de professores: implementações possíveis.’ In: PIMENTA, Selma G. (coord.) et al, ENDIPE – ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, IX, 1998, Águas de Lindóia, **Anais II do evento**, 1998. v.1/2, 645-665.

TERRAZZAN, Eduardo A.; HERNANDES, C. L.; CHAVES, T. V. Atualização curricular e mudança didática: resignificando a prática pedagógica de professores de física em serviço. In: *ENDIPE – Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino*, X, 2000, Rio de Janeiro, **Anais do vento**. 2000. (Programação e resumos: painéis e pôsteres)

TIPLER, P. **Física para cientistas e engenheiros: óptica e física moderna.** 3.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995. v.4. (Tradução de Horacio Macedo)

USTRA, Sandro Rogério V. **Condicionantes para a Formação Permanente de Professores de Física no Âmbito de um Curso de Atualização e Aperfeiçoamento.** Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Educação, 1997. (Dissertação de Mestrado).