
USO DAS EXPERIÊNCIAS DE CÁTEDRA NO ENSINO DE FÍSICA⁺

Giovanni Maria Arrigone

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI

Cristine do Nascimento Mutti

Departamento de Engenharia Civil – UFSC

Florianópolis – SC

Resumo

Neste trabalho relatam-se os resultados de uma investigação sobre a aplicação de pequenas experiências de cátedra, realizadas durante aulas teóricas na área da óptica. O objetivo da investigação foi o de avaliar a possibilidade de inclusão dessas pequenas experiências no currículo da disciplina, o seu valor, considerando a existência de aulas de laboratório didático, o valor de utilizar tempo alocado para essas experiências, e o valor dessas experiências relacionado à melhoria do processo de aprendizagem dos alunos. A relação entre ensino teórico e experimentação nas áreas da Física foi considerada, concluindo que existe uma forte ligação intelectual entre as duas fases, e que nem sempre estas são realizadas em uníssono temporal ou sequencialmente. O resultado dessa primeira fase foi a necessidade de um apoio integrado e experimental durante o ensino da teoria. Dessa forma, os alunos compreendem a teoria de forma mais fácil e também a estrutura da aula resulta mais agradável. Na segunda fase do inquérito, as reações dos alunos foram observadas durante a aplicação dos experimentos nas aulas. Também foi avaliado o desempenho dos alunos na resolu-

⁺ Desktop experiments use in Physics teaching

^{*} Recebido: abril de 2010.
Aceito: outubro de 2010.

ção de exercícios e desenvolvimento de uma compreensão dos fenômenos físicos descritos nos experimentos. A investigação foi completada com a aplicação de um questionário referente ao nível de satisfação dos estudantes, o efeito das experiências na compreensão dos tópicos e sugestões de melhoria dos experimentos. Em geral, os alunos responderam com entusiasmo à aplicação dos experimentos e indicaram uma melhora do seu processo de aprendizagem, o que ficou comprovado na resolução de exercícios e compreensão da teoria, através da melhoria das notas dos alunos nas turmas nas quais as experiências foram aplicadas.

Palavras-chave: *Experiências de Cátedra. Física. Ótica. Ensino-aprendizagem.*

Abstract

The purpose of this work is to report the findings of an investigation about the application of little experiments, called desktop experiments, performed during theoretical classes in the area of Optics. In particular, the objective of the investigation was to evaluate the possibility of inclusion of these little experiments into the curriculum of the discipline, their value, considering the existence of dedicated experimental classes, the utility of using class time for this experiments, and, finally, the value of these little experiments in connection with the improvement of the students' learning process. During the first phase of the investigation were laid the foundations of an understanding of basic concepts about the teaching and learning processes, in particular, in the area of Physics. The link between theoretical teaching and experimentation in Physics was also considered deducing that a strong intellectual link exists between the two stages and that not always the two are performed in unison either temporarily or sequentially. The result of this first phase was the need of an integrated and direct experimental support during the teaching of the theory. In this way the students understand the theory more easily and also the structure of the class results more agreeable. During the second phase of the investigation, the students' reactions to the application of the experiments were observed

during the classes together with their performance in solving exercises and developing an understanding of the physical phenomena described in the experiments. The investigation was completed with the application of a questionnaire relating the level of satisfaction of the students, their improvement in understanding the topics and suggestions for improvements of the experiments. In general the students responded enthusiastically to the application of the experiments and confirm an improvement of their learning process and grades displayed by them solving exercises and understanding the theory.

Keywords: *Desktop Experiments. Physics. Optics. Teaching and learning process.*

I. Introdução

Aprender é um processo complexo e mesmo sem ter a intenção de desenvolver, aqui, um estudo completo sobre esse tópico, deseja-se tentar estabelecer alguns pontos relevantes para ter uma ideia de como os alunos aprendem e como possa ser facilitado o processo de aprendizagem através de uma comunicação eficiente em sala de aula.

O problema é entender como um organismo ativo (com vida e ações próprias), colocado num meio ambiente que pode satisfazer suas necessidades ou até acabar com sua vida, aprende a interagir com seu ambiente e alcançar seus próprios objetivos (BORDENAVE; PEREIRA, 1977).

Paulo Freire (2006) diz, sobre a tarefa do educador, que esta não é a de quem se põe como sujeito cognoscente diante de um objeto cognoscível para, depois de conhecê-lo, falar dele discursivamente a seus educandos, cujo papel seria o de arquivadores de seus comunicados. A educação é comunicação, é diálogo, na medida em que não é a transferência do saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores que buscam a significação dos significados.

Dessa maneira, sua aula não é uma aula, no sentido tradicional, mas um encontro aonde se busca o conhecimento, e não em que este é transmitido.

Um das formas de facilitar essa busca pelo conhecimento por parte dos alunos seria despertar seu interesse na matéria, o que poderia ser feito através da realização de experiências de cátedra.

Experiências de cátedra, segundo Alves Filho (2000), são aquelas realizadas pelo professor e que são de sua inteira responsabilidade. A função básica dessas atividades é ilustrar tópicos trabalhados em sala de aula. Além disso, servem para complementar conteúdos 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.

Como pressupostos de pesquisa, tem-se que:

- As experiências de cátedra podem ajudar no processo de educação, de diálogo e de encontro, onde o aluno pode perguntar e problematizar.
- O uso dessas experiências durante as aulas teóricas de Física poderia ser muito útil como meio para suportar e completar a exposição teórica e como forma de interação comunicativa descontraída entre professor e alunos.

I.1 Justificativa e motivação

Frequentemente, o professor se questiona sobre o quanto eficaz é a sua atividade de ensino e também como continuamente avaliar esta atividade. Segundo Zimmermann e Evangelista (2007), para ser um instrumento de mudança dos futuros professores de ciências, o professor-formador deve:

- 1) planejar instrumentos de coleta de dados para fazer avaliações constantes sobre o conhecimento dos alunos;
- 2) planejar debates;
- 3) problematizar;
- 4) desafiar os alunos;
- 5) prestar atenção nas opiniões e ideias individuais de seus alunos;
- 6) propor atividades diferentes que levem os alunos a aprenderem independentemente;
- 7) oferecer feedback constante.

Neste ponto, o professor observa que não existe uma correspondência perfeita entre o que ele ensina e o que o aluno aprende. Então, tenta entender o porquê do ensino ser pouco eficiente em termos esforço docente/aproveitamento discente.

Provavelmente, a maioria dos professores procurará nos seus alunos uma explicação para essa falha: “Eles não estão motivados. Não prestam atenção. Não querem fazer esforço. Só querem é o diploma”, etc.

Essa dificuldade de correspondência pode ser observada também no caso de disciplinas como Física, que apresentam uma componente prática, um ambiente pedagógico adicional, o laboratório experimental.

É necessário notar que a aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontraremos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório. No entanto, isso não significa que ele faça uso do mesmo em suas aulas. Essa falta de ressonância entre o discurso e a prática pedagógica é tolerada pela comunidade de educadores, pois a função ou papel do laboratório didático ainda não está bem compreendido no processo de ensino-aprendizagem (ALVES FILHO, 2000).

Muitas vezes o professor encontra, durante a aula expositiva teórica de física, duas dificuldades relacionadas, em particular, com a relação entre a prática laboratorial e o correspondente conteúdo teórico:

1) a sequência acadêmica das várias disciplinas pode não coincidir, deixando que exista um intervalo de tempo muito grande entre as aulas teóricas e de aplicação experimental;

2) mesmo que exista coincidência temporal entre as aulas teóricas e experimentais, os conteúdos podem ficar defasados e produzir um descompasso similar entre conteúdo teórico administrado e aplicação experimental.

Em função disso, o aluno pode ficar confuso sobre o conteúdo teórico (não apoiado por uma ação prática de suporte experimental) ou não entender exatamente a razão ou o significado teórico das atividades práticas laboratoriais, por causa da defasagem temporal entre as aulas teóricas e experimentais.

Outro problema pode ser a falta de dinâmica na aula expositiva teórica. Nem sempre é possível incentivar a participação ativa dos alunos e mantê-los interessados no assunto. Seria interessante poder quebrar a exposição teórica ou complementá-la com atividades que favoreçam a interação entre os alunos e entre alunos e professor.

Poucas coisas são, também, tão dispersivas quanto um longo discurso que não indique alguma aplicação prática. Por essa razão é que se tornam muito úteis os exercícios e trabalhos práticos propostos para os alunos (GIL, 2005).

Ao professor cabe o papel de criar um cenário menos agressivo ao dogmatismo apresentado pelos livros-texto. Mesmo submetido às pressões dos grupos de sua esfera, o professor deve buscar a criação de um ambiente que favoreça o rompimento com a imagem neutra e empirista da Ciência, veiculada através dos manuais e livros didáticos. Também deve procurar, nas práticas sociais de referência, os elementos mais adequados aos seus objetivos (ALVES FILHO, 2000).

Nesse sentido, as atividades práticas podem propiciar ao estudante imagens vividas e memoráveis de fenômenos interessantes e importantes para a compreensão dos conceitos científicos fora dos limites dos livros texto. 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 (BORGES, 2002).

A motivação para a realização deste trabalho veio da necessidade de avaliar e, na medida do possível, melhorar a prática das experiências de cátedra no ensino de física, experiências estas que um dos pesquisadores já vinha realizando para tentar dar um aspecto mais dinâmico e interessante às suas aulas.

I.2 Questões de pesquisa

As questões a serem respondidas com esta pesquisa são as seguintes:

- É possível encaixar a prática das experiências de cátedra no currículo atual do ensino de física?
- Estas experiências são úteis ou supérfluas, já que já existe um laboratório didático?
- O tempo alocado para essas experiências é bem utilizado?
- Os resultados sobre o processo de aprendizagem são satisfatórios?

I.3 Objetivos

I.3.1 Geral

O objetivo geral deste estudo é testar o efeito das experiências de cátedra na interação aluno-professor e no desempenho discente.

I.3.2 Específicos

- Desenvolver experiências de cátedra na disciplina de Física 4 do curso de Licenciatura em Física da UFSC.
- Investigar as reações e aprendizagem por parte dos alunos.
- Propor a utilização de experiências de cátedra como parte das aulas expositivas.

II. Teoria

Para a apresentação da pesquisa é importante discutir a teoria de ensino-aprendizagem e experiências de cátedra.

II.1 Ensino-aprendizagem

Para Jean Piaget, o pensamento é a base em que se assenta a aprendizagem. Como tal, nós somos interessados no fenômeno biológico da ação do nosso

cérebro, a ação da inteligência que evolui com o nosso organismo e que, por sua vez, evolui, adaptando-se ao ambiente (BORDENAVE; PEREIRA, 1977).

Aqui nós temos duas sugestões de Piaget sobre dois movimentos (simultâneos, integrados, mas de sentido contrários) do processo de aprendizagem: assimilação e acomodação.

Na assimilação, o organismo explora o ambiente. Na acomodação, o organismo transforma a sua própria estrutura para adequar-se à natureza dos objetos que serão aprendidos (BORDENAVE; PEREIRA, 1977).

A dinâmica de grupos também é muito importante na teoria de Piaget, pois estimula a operação da inteligência em situação cooperativa, tirando a pessoa de seu egocentrismo.

Por outro lado, Skinner detalha que é possível explicar o comportamento e a aprendizagem como conseqüências dos estímulos ambientais. As suas teorias são baseadas sobre o papel da recompensa ou reforço e sobre a ideia que toda a ação que produza satisfação tenderá a ser repetida e aprendida (BORDENAVE; PEREIRA, 1977).

Robert Gagné diz que existe uma hierarquia de tipos de aprendizagem, onde cada tipo exige estratégias de ensino mais adequadas que outras. Nós precisamos analisar a estrutura do assunto a ser aprendido e depois identificar o tipo específico de aprendizagem envolvido (BORDENAVE; PEREIRA, 1977).

Nós achamos que o processo de exploração seja muito importante para o aluno que precisa acessar conceitos que têm uma dimensão prática. O aluno deve ter a possibilidade de exercer a sua curiosidade explorativa em um ambiente que favoreça a atividade prática em contato com outras pessoas que possam ajudar na compreensão e trazer ideias novas e atuais.

Muxfeldt (2002) desenvolveu uma pesquisa sobre a qualidade dos professores nas universidades e os métodos didáticos por eles utilizados. Segundo tal autora, um dos aspectos importantes para uma boa qualidade didática é a utilização de métodos diversificados para tornar o conteúdo fácil e interessante. Outros aspectos revelados importantes em tal pesquisa foram a inovação e o incentivo à participação dos alunos por parte do professor.

Em uma situação de ensino-aprendizagem, três padrões principais de comunicação e interação entre professor e alunos podem ocorrer num dado momento:

Na Fig. 1 são apresentados três padrões de interação professor-aluno:

A. Esta é uma comunicação unilateral que pode ser relacionada com a ideia de uma educação de tipo “tradicional”.

B. Esta é uma comunicação bilateral, onde a distância entre o professor e os alunos é reduzida, mas não eliminada completamente.

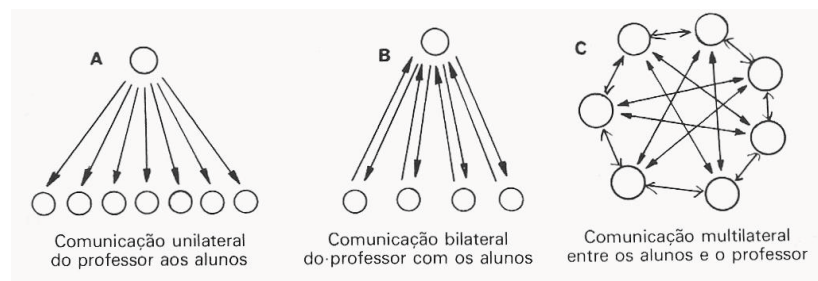


Fig. 1 - Padrões de interação (BORDENAVE; PEREIRA, 1977).

C. Esta comunicação multilateral é a mais ousada e desafiante para o professor. Aqui o professor é imerso na discussão ativa sobre o tópico e os alunos participam e problematizam.

É este terceiro tipo de interação que buscamos com a aplicação das experiências de cátedra.

Sem dúvida, uma imersão do professor na comunicação multilateral apresenta aspectos problemáticos para o professor. O professor pode enfrentar problemas tais como:

- manter a disciplina: neste caso, o professor pode ter que enfrentar atitudes de indisciplina ou de desinteresse. Normalmente, a experiência pessoal leva a observar que, nesses casos, acontece um mecanismo de regulamentação automática do grupo. Os demais alunos se preocupam em disciplinar a turma para obter o máximo de aproveitamento na atividade multilateral;
- manter o “status”: às vezes o professor pode arriscar virar nada mais que um expectador e perceber uma perda de “respeito”. De novo a experiência ativa em sala de aula leva a discordar sobre esse aspecto. O professor assume, na verdade, um papel novo, de catalisador da investigação e da comunicação multilateral. Ele direciona e regula o processo;
- avaliar: este é um processo mais árduo pela falta de indicadores canônicos e pela dinâmica rápida da interação. Nesse sentido, é importante fazer perguntas e deixar responder. Exatamente como se o professor fosse um aluno, ele pode perguntar, e por isso focar a atenção do grupo em direção ao que mais interessa. A participação de cada aluno é, depois, observada e, no caso de timidez ou desinteresse, pode ser estimulada uma participação mais ativa. O professor vira, nesse caso, o catalisador.

A interação do professor com o aluno, em particular, deve ser uma interação consciente do peso de mesmo um gesto no processo de aprendizagem. Como releva Freire:

Às vezes, mal se imagina o que pode passar a representar na vida de um aluno um simples gesto do professor. O que pode um gesto aparentemente insignificante valer como força formadora ou como contribuição à do educando por si mesmo (FREIRE, 2009, p. 42).

O professor pode favorecer a comunicação multilateral e, ao mesmo tempo, pode influenciar os alunos, transmitindo a eles confiança e segurança na resolução dos problemas de física.

No momento de ensinar física aos nossos alunos, podemos ter, em geral, duas atitudes bastante diferentes:

- 1) podemos ensinar tentando moldar o aluno com, por exemplo, exposições verbais transmitindo a ele instruções codificadas e possivelmente imutáveis;
- 2) podemos tentar ensinar o aluno a aprender, independentemente do tópico específico ou da sequência curricular do conteúdo.

É difícil determinar qual das duas opções seja a mais viável. No primeiro caso, temos uma postura academicamente rigorosa, possivelmente pouco flexível ou adaptável às mudanças ambientais, mas certamente mais segura e ordenada. No segundo caso, a dificuldade pode estar na capacidade de propor uma forma de ensino tão original e independente dos modelos canônicos certamente mais conectada com o nosso mundo em contínua evolução. A única coisa certa é que o professor deve lembrar que, depois de ter ouvido todas as possíveis teorias ou tendências, deve, no final, lidar com alunos que são pessoas e não objetos teóricos passivos inseridos em uma teoria pedagógica. Ao ouvir definições ou *slogans* “totais” sobre a pedagogia, é sempre interessante lembrar o que Rosa (1999) nos diz sobre um exemplo deste tipo de frase que é: “*devemos ensinar os alunos a pensar!*” Isso levanta a questão: será que os alunos só pensam depois de ensinados pelo professor?

Não queremos discutir aqui sobre a prevalência ou não de um desses dois aspectos, mas queremos indicar como, nos dois casos, o aluno não deveria ser tratado como um sujeito passivo e também que o professor simplesmente deve, por certo, se comunicar com os alunos, dialogando em maneira inteligível.

Paulo Freire (2006), falando sobre a relação entre agrônomos, educadores, e camponeses, educandos, nos diz que, na comunicação:

- não há sujeitos passivos, mas sujeitos que se comunicam;
- a comunicação implica reciprocidade entre educador e educando;

- os interlocutores se comunicam com uma linguagem técnica “comum”, formada com o mesmo sistema de signos linguísticos.

Sumarizando, podemos agora ousar estabelecer uma estratégia de ensino de física mais problematizadora, que não somente nos ponha em comunicação eficiente com os alunos através de um diálogo baseado sobre signos linguísticos comuns, mas também libere os alunos do papel passivo e faça deles interlocutores comunicativos.

É interessante notar como a aula de física (que representa uma componente curricular fundamental pela maioria das faculdades científicas) muitas vezes é considerada pelos alunos de maneira crítica.

É difícil não concordar com este juízo quando as práticas didático-pedagógicas declaradas pelos professores evidenciam a abordagem tradicional do processo de ensino-aprendizagem, implicando na preocupação com a transmissão de conhecimentos que leva os alunos à memorização e evocação, mais do que ao pensamento reflexivo, como também ao desinteresse por aulas cujo maior recurso é o quadro-negro e o giz (BARREIRO; BAGNATO, 1992).

II.2 Experiências de cátedra

Experiências de cátedra foram definidas como experiências realizadas pelo professor durante ou depois da exposição teórica de um tópico e que são de sua inteira responsabilidade.

Nesta visão, é possível ampliar o conceito de simulação prática ou experiência de cátedra como uma atividade que possa ajudar o professor a mostrar um fenômeno possivelmente novo ou desconhecido, e fazer participar os alunos inserindo-os no processo de aprendizagem. Os alunos, mesmo aqueles menos desenvolvidos por falta de estímulos do ambiente, terão a possibilidade de observar, junto com os colegas, situações-problema.

Estas experiências de cátedra, como as simulações práticas, são estratégias que colocam o aluno bem próximo a situações reais e que possibilitam um retorno (*feedback*) imediato acerca dos conteúdos teóricos discutidos em sala de aula, mostrando aplicações diretas e imediatas. As experiências de cátedra tendem também a ser bem aceitas pelos alunos, pois, de modo geral, trazem certo grau de satisfação aos participantes e produzem um alívio físico e mental à rigidez às vezes excessiva da aula teórica, introduzindo um fator de satisfação que pode facilitar o processo de retenção dos conceitos discutidos em aula (GIL, 2005).

Por outro lado, Ferreira (1978) acredita que esse tipo de experiência seja mais motivador para aqueles que as realizam (professores) do que para os observa-

dores (alunos). Mas mesmo assim, acreditamos que motivar o professor pode ter um reflexo positivo sobre a qualidade do ensino e, possivelmente, melhorar a comunicação.

Às vezes, a experiência de cátedra pode ser uma demonstração envolvendo tanto a comprovação teórica ou prática de um enunciado ou de uma teoria, quanto à revelação dos procedimentos necessários para a execução de uma tarefa. Neste último sentido é que a demonstração pode ser entendida como uma forma de simulação.

A experiência de cátedra, por ser uma estratégia bastante simples e de certa forma natural, tende a ser desenvolvida frequentemente de maneira informal. Porém, para evitar o desperdício de tempo e de material, bem como para garantir maior racionalidade do seu desenvolvimento (como discutido anteriormente sobre a necessidade de uma continuidade ou sequência lógica e psicológica na aprendizagem de qualquer assunto), convém que a experiência se faça de maneira planejada, o que envolve as seguintes fases (GIL, 2005):

1) preparação: nesta primeira fase, o professor elabora o plano da demonstração, prevendo todos os recursos necessários, bem como a forma de dirigir a atenção dos alunos para aquilo que irão aprender;

2) apresentação: aqui o professor mostra e explica as operações necessárias para a execução. O professor consciente demonstra as operações devagar, passo a passo. Depois disso, ou em intervalos entre as partes de demonstração, chama a atenção para alguns aspectos que os alunos podem não descobrir por si mesmos. Previne contra os erros mais comuns, salientando os pontos-chave. Também faz perguntas que forcem os alunos a pensar e a descobrir coisas sobre a experiência por si mesmos;

3) aplicação: nesta fase, o professor leva os alunos a repetirem a experiência e a corrigirem seus erros, quando for o caso;

4) verificação da aprendizagem: nesta última fase, o professor deixa os alunos por conta própria, a fim de verificar se conseguem executar tarefas, possivelmente através de exercícios de aplicação ou discussão das observações experimentais em relação à teoria.

A análise das fases do seu desenvolvimento indica que a experiência só pode ser desenvolvida adequadamente em pequenos grupos. Em classes numerosas, o professor tem condições apenas de proceder à apresentação. Isso torna a demonstração bastante pobre, pois o desempenho do aluno é fundamental para a aprendizagem.

A nossa experiência nos diz que os materiais e instrumentos necessários deveriam ser de baixo custo, robustos e seguros.

Nesse sentido, seriam previstas montagens de experiências utilizando equipamentos de baixo custo para que os professores possam criar, em suas unidades escolares, uma biblioteca de materiais experimentais, desmistificando a ideia de que, para trabalhar com atividades experimentais, são necessários materiais de custo elevado (SAUERWEIN; DELIZOICOV, 2008).

A experiência de cátedra, como definida anteriormente, pode ser um momento forte de interação multilateral. O ponto focal na sala de aula é transferido do professor à experiência prática e se produz uma atmosfera mais relaxada, na qual se torna possível perguntar e receber respostas não somente do professor mas também dos outros colegas. O professor pode deixar tempo para esta interação e evitar responder imediatamente.

Eiras (2005) nos diz que, com a utilização das atividades demonstrativas, o aluno participa ativamente do processo de negociação do saber, contrariando a visão equivocada que, frente às atividades demonstrativas, o aluno tem uma postura de expectador passivo e acrítico. Dessa forma, a atividade demonstrativa pode ser considerada um instrumento didático eficiente e viável para ser utilizado no processo de ensino-aprendizagem de Física.

As aulas demonstrativas nas quais a discussão de conceitos é acompanhada por experimentos feitos na sala de aula, onde o estudante observa os acontecimentos, já é uma praxe constante em várias universidades conceituadas e a sua praxe como geradora de interesse pelo assunto tem tido resultados positivos (BARREIRO; BAGNATO, 1992).

O livro de Irene Carvalho (CARVALHO, 1987) apresenta uma reflexão sobre a prática didática da demonstração prática em aula e nos diz que essa prática é particularmente indicada no caso do ensino de uma técnica operativa ou para comprovar princípios, leis ou teorias científicas.

Ao analisar os resultados quanto às principais dificuldades na resolução de exercícios e erros mais frequentes, a mesma autora indica que as dificuldades se transformam em erros e que os erros são reflexos das dificuldades não superadas, porque as situações são excessivamente abstratas.

Os principais objetivos para os quais se recomenda algum tipo de simulação são (SANDOVAL; SALINAS, 1990):

- estimular a reflexão acerca de determinado problema;
- promover um clima de descontração entre os alunos;
- desenvolver atitudes específicas;
- desenvolver habilidades específicas.

Entre outras, podemos mencionar as seguintes vantagens das simulações (SANDOVAL; SALINAS, 1990):

- abordar em aula problemáticas que despertem o interesse e a atenção dos estudantes;
- fornecer ferramentas (qualitativas e quantitativas) que permitam enfrentar, com sucesso, a busca de respostas a questões que surgem nas experiências do dia-a-dia;
- analisar com rigor tais experiências cotidianas, esclarecer as confusões habituais, determinar com precisão o significado científico de termos partilhados com a linguagem comum, planejar novas experiências que completem e ampliem os dados disponíveis;
- tornar evidente que o tratamento puramente físico, de forma semelhante ao que ocorre com outros tratamentos dentro de disciplinas especializadas, necessariamente particulariza o problema, seleciona determinadas variáveis, privilegia alguns aspectos e conduz a um conhecimento que pode ser preciso, profundo e claro em seu âmbito, mas que, sem dúvida, é parcial. Neste enfoque está uma das características que, simultaneamente, confere força e debilidade às ciências factuais, dependendo da perspectiva segundo a qual são analisadas;
- resgatar a riqueza e fertilidade do tratamento interdisciplinar. Mostrar o papel que cabe a ele em cada disciplina: precisar, aprofundar, esclarecer cada vez mais as teorias que buscam explicar os aspectos que lhe competem da problemática e contribuir para o desenvolvimento de novas teorizações, mais amplas, que sejam capazes de recolher esses resultados e sistematizá-los coerentemente com os obtidos em outras disciplinas interessadas na mesma problemática;
- refletir sobre as características próprias da pesquisa e do conhecimento científicos na área particular, por exemplo, da ótica.

No entanto, temos de ser cuidadosos com essas experiências de cátedra, porque o que é óbvio para o professor pode não ser tanto para os alunos (ROTH et al., 1997).

III. Método da pesquisa

III.1 Definições e detalhamento

A pesquisa realizada tem um caráter qualitativo. A diferença entre pesquisa quantitativa e qualitativa, de acordo com Bryman (2001), é que a primeira envolve números, teste de teorias, é geralmente desenvolvida em laboratórios (ou contextos artificiais), segue um protocolo determinado, e torna possível a generalização dos resultados. A pesquisa qualitativa envolve palavras, as teorias emergem da pesquisa, a qual é geralmente desenvolvida em contexto natural, seguindo um

protocolo mais flexível; ao invés da generalização, a pesquisa qualitativa fornece um entendimento do contexto observado.

Miles e Huberman (1994) destacam como um dos aspectos positivos de dados qualitativos a obtenção de abundantes explicações sobre a situação objeto de pesquisa. De acordo com os referidos autores, a pesquisa qualitativa é composta por pequenas amostras, estudadas em maior profundidade; tais amostras são escolhidas não de forma aleatória, mas por sua importância.

De acordo com Gil (1999), existem sete tipos de pesquisa: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, pesquisa *ex-post-facto*, sondagem, trabalho de campo e estudo de caso. Estudo de caso foi considerado o tipo mais apropriado para esta pesquisa.

O estudo de caso é um estudo aprofundado e completo de um ou poucos objetos (ou fenômenos), e fornece um conhecimento completo sobre estes (GIL, 1999). Yin (1994) define estudo de caso como uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto.

Uma das vantagens do estudo de caso é que é possível combinar fontes diferentes de evidência, como: documentação, registros de arquivos, entrevistas e/ou questionários, observações diretas, observações dos participantes e artefatos físicos (YIN, 1994).

Esta pesquisa foi desenvolvida através do estudo da aprendizagem e reações de 3 turmas da disciplina de Física 4 entre os anos de 2008 e 2009. Tal disciplina é oferecida para o curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

As turmas selecionadas foram aquelas cujas aulas eram ministradas por um dos pesquisadores, sendo convidados todos os alunos matriculados nas turmas. Da turma de alunos do semestre em andamento na época da pesquisa, dos 10 alunos, 9 responderam ao questionário. Das turmas dos semestres anteriores, de 25 alunos foram recebidas 6 respostas.

Para a realização da pesquisa foram desenvolvidas várias etapas, as quais são apresentadas a seguir.

Em cada um dos semestres avaliados foram feitos 6 experimentos práticos (experiências de cátedra), de duração não superior a 15 minutos cada. Os experimentos realizados envolviam vários tópicos, como ótica geométrica, interferência, difração e polarização, e necessitavam de instrumentos simples para demonstração, como espelhos, lentes, fendas e placas polarizadoras. Neste trabalho é descrito um experimento, o qual foi aplicado nas turmas avaliadas.

A segurança foi de grande peso na escolha das atividades. De forma a eliminar riscos foram evitadas experiências com eletricidade e lasers de alta potência ou potencialmente perigosos.

Após a realização do experimento foram observadas as reações dos alunos. Foram anotadas as reações, as perguntas feitas por eles, bem como feita a avaliação (subjetiva) da participação nas aulas do referido tópico. Observações, de acordo com Gil (1999), são um elemento fundamental para a pesquisa, desde a formulação do problema, passando pela definição das questões a observar, pelo estágio de coleta de dados, até a análise e interpretação dos resultados. Não obstante, é na fase de coleta de dados que o papel da observação se torna mais evidente.

Para completar a avaliação, foram elaborados e aplicados questionários específicos sobre as experiências de cátedra.

O termo 'questionário' é usado em modos diferentes pelos pesquisadores. Para alguns, são os questionários preenchidos pelo próprio respondente. Para outros, os roteiros de entrevista são também questionários (OPPENHEIM, 1992). A entrevista é considerada por Yin (1994) uma das mais importantes fontes de informação nos estudos de caso. Na visão destacada acima, os questionários também assumem grande importância como fontes de informação.

De acordo com Gil (1999), construir um questionário consiste em traduzir os objetivos da pesquisa para questões específicas. As respostas para tais questões são o que fornecerá os dados necessários para responder às questões específicas. Ao construir questionários, problemas de vocabulário e ordem de questões devem ser cuidadosamente estudados (OPPENHEIM 1992). Autores como Foddy (1995) e Oppenheim (1992) discutem importantes assuntos da construção de questionários, assuntos tais como: obtenção de acesso aos respondentes, ordenação das questões, tipos de questões adequados e questões de léxico. Foddy (1995) destaca que é necessário que as questões sejam interpretadas pelos respondentes como planejado pelo pesquisador.

Assim, houve grande cuidado na elaboração dos questionários, os quais seguiram, além de conselhos dos autores mencionados, a literatura no tema, e a experiência didática do pesquisador. As questões foram elaboradas, sendo 9 questões de múltipla escolha, e 1 questão aberta, esta solicitando comentários dos alunos. Devido ao pouco tempo disponível para resposta, e para que os alunos não perdessem o foco sobre o que estava sendo perguntado, era importante que o questionário fosse conciso. Depois de pronto, o questionário foi analisado por uma profissional da área da sociologia. O modelo do questionário é apresentado no apêndice.

Os questionários foram entregues à turma de alunos do semestre atual e enviados por e-mail aos alunos de semestres anteriores. Para preservar a confiabilidade das respostas, os alunos foram orientados a não se identificarem, o que foi possível para a turma do semestre atual, mas aparentemente ficaria mais difícil para as respostas por e-mail. Mas mesmo nesses casos não houve imediata identificação dos respondentes, já que os alunos muitas vezes escolhem endereços eletrônicos não imediatamente identificáveis (uso de apelidos, por exemplo).

Quanto à verificação do efeito sobre o processo de aprendizagem dos alunos, esta foi feita comparando-se o desempenho dos alunos matriculados em turmas nas quais não foram feitas experiências de cátedra com o desempenho de alunos de turmas nas quais foram realizadas tais experiências. Esta avaliação foi feita sem isolar os fatores, sendo uma avaliação subjetiva e indicativa de melhoria de desempenho, em termos de:

- Atenção e participação em sala de aula;
- Habilidade e sucesso na resolução de exercícios;
- Interesse nos tópicos tratados e exposição de dúvidas.

III.2 Materiais e métodos para os experimentos

Normalmente, as pequenas demonstrações são conduzidas no final da aula expositiva, trazendo o benefício adicional de aliviar o estudante na parte final, onde a atenção pode já estar em um nível baixo, e deixando-os mais interessados esperando por este momento que, normalmente, é muito bem aceito.

É necessário evidenciar, imediatamente, dois requisitos para a utilização dessas demonstrações:

1) o tópico deve ser compatível: é, por exemplo, muito difícil achar demonstrações de caráter simples e rápido para tópicos de alto conteúdo abstrato como por exemplo da física quântica ou da relatividade. A ótica e a maioria dos fenômenos óticos, por sua vez, se prestam a serem demonstrados praticamente com bastante facilidade;

2) as dimensões da turma devem ser controladas: por exemplo, turmas de até 50 ou 60 alunos apresentam dificuldade de tipo logístico e de tempo. O máximo poderia ser, baseando-se também sobre a experiência adquirida durante a aplicação no campo, de turmas com entre 20 e 30 alunos.

III.2.1 Descrição de um experimento de cátedra

O tópico da polarização de uma onda é particularmente indicado para ilustrar o desenvolvimento de uma experiência de cátedra típica¹.

As concepções prévias do estudante sobre o tema são escassas; conhece, por exemplo, o uso de vidros polarizadores em óculos de sol e em filtros fotográficos, porém sua experiência prévia não é comparável com a que conta em outros campos da física, como, por exemplo, na mecânica. Por isso, busca-se aproveitar ao máximo todos os fenômenos simples que estão ao seu alcance e sobre os quais, em geral, se passa por alto. Neste sentido, também tem importância que o estudante possa “jogar” com seus elementos de trabalho, propondo variações e criando situações novas (COLOMBO; JAÉN, 2004, p. 281).

A aula sobre a polarização, de duração de duas horas-aula, desenvolve-se com o momento teórico inicial onde são expostos os conceitos de:

- 1) propagação da onda e possíveis orientações do campo elétrico da onda;
- 2) o conceito de onda não polarizada e de onda polarizada (linearmente, elipticamente, etc.);
- 3) produção de uma onda polarizada:
 - reflexão: ângulo de *Brewster*;
 - bi-refringência: propagação em cristais (calcita ótica, mica);
 - placas polarizadoras (Polaroid): lei de *Malus*;
 - polarização por espalhamento (*scattering*).
- 4) aplicações.

Depois de um momento de perguntas e respostas a dúvidas dos alunos se passa ao momento simulação prática através da experiência de cátedra.

Os materiais necessários pelas experiências de cátedra são (ver Fig. 2):

- 1) duas placas polarizadoras;
- 2) placa de mica.

¹ Para mais informações sobre o tópico da polarização de uma onda eletromagnética ver: HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. **Fundamentos de Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Editora S. A., 1995. v. 4.

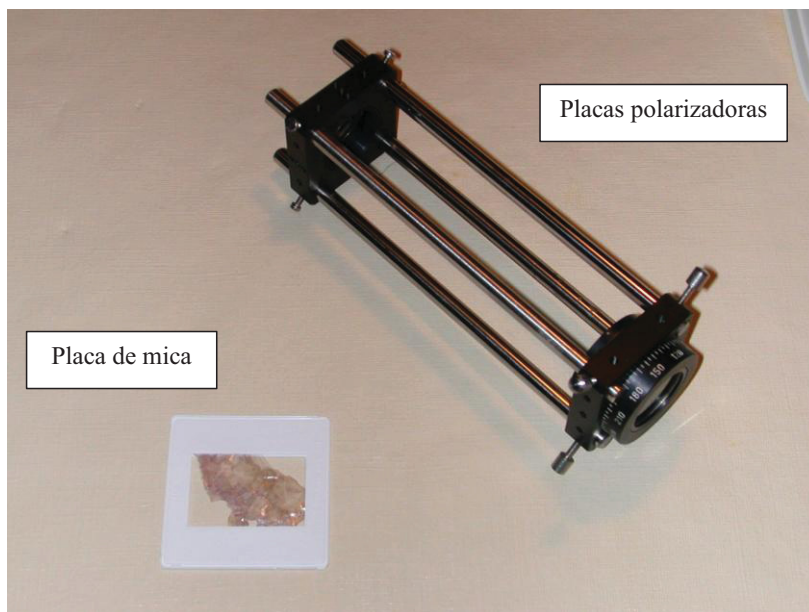


Fig. 2 - Placas polarizadoras e placa de mica. (Foto: Arrigone, G. M.)

Depois do momento de preparação e de explicação é introduzida a primeira experiência prática para observar o uso de placas polarizadoras (Polaroid). Cada aluno observa luz não polarizada e observa que, depois de passar através de uma placa polarizadora, a intensidade é reduzida. Juntando a segunda placa, o analisador, o aluno vê que, através da rotação dessa placa, a intensidade da luz que passa depois do primeiro polarizador pode ser variada e quantificada através da lei de *Malus*.

Já neste ponto os alunos começam a fazer perguntas muito pertinentes como:

- qual é o mecanismo físico com que a placa polariza a luz?
- por que a luz polarizada, por exemplo linearmente na direção vertical pelo primeiro polarizador, emerge, depois do analisador, com uma direção de polarização diferente?

Os exercícios sobre a lei de *Malus* são introduzidos, depois das explicações, para testar a observação prática.

O segundo momento importante é a observação do efeito de polarização por reflexão e a consequente Lei de *Brewster*, observando a reflexão da luz (solar

ou artificial) sobre uma mesa através de uma placa polarizadora. Para um certo ângulo é possível detectar uma redução da intensidade luminosa fazendo rodar a placa polarizadora de observação.

Aqui é introduzido o conceito dos óculos polarizadores e da utilidade desses dispositivos para eliminar reflexões fastidiosas da luz solar.

Uma observação complementar é conduzida, observando a reflexão sobre o vidro de uma janela e tentando eliminá-la através o uso de uma placa polarizadora. O aluno observa, por exemplo, os vidros de um carro estacionado sem poder enxergar o interior por causa do reflexo solar. Depois, observa o mesmo vidro através a placa polarizadora rodando-a até eliminar a reflexão e poder observar particularidades no interior do veículo.

A placa de mica é, então, introduzida entre os dois polarizadores e é observado o efeito de bi-refringência através da detecção de áreas coloridas no cristal, quando os polarizadores estão cruzados (Fig. 3). A explicação do efeito de bi-refringência e do efeito produzido na mica por vários comprimentos de onda durante a passagem de luz, linearmente polarizada, por exemplo, pode ser encontrada em textos de ótica como aquele de Eugene Hecht (1990).

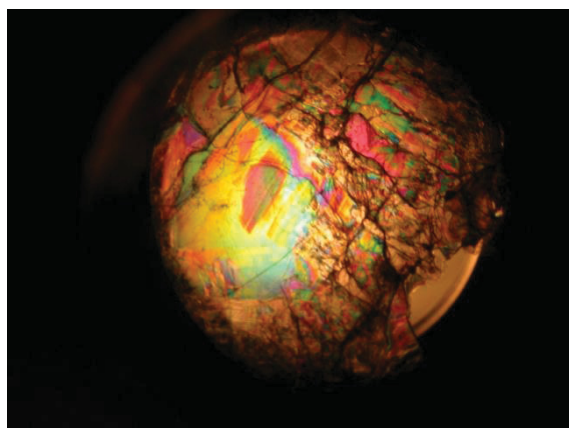


Fig. 3 - Placa de mica vista através de polarizadores cruzados. (Foto: Arrigone, G. M.)

Em seguida, os alunos observam um pedaço rasgado de filme plástico através dos polarizadores cruzados (Fig. 4) e são questionados sobre a similaridade

entre as duas imagens obtidas (mica e filme plástico, observados através de polarizadores cruzados).

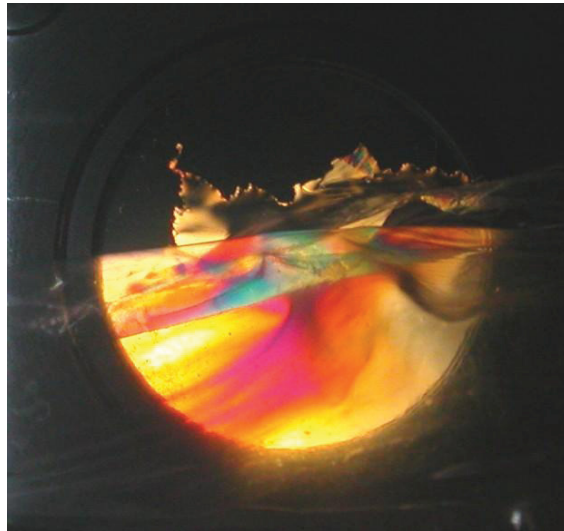


Fig. 4 - Filme plástico rasgado visto através de polarizadores cruzados. (Foto: Arrigone, G. M.)

Quase imediatamente, a razão da similaridade entre as imagens é reconduzida justamente ao efeito de bi-refringência que nos dois materiais foi causado pelas tensões às quais, em maneira diferente, foram submetidos. Neste momento, o professor quase vira um espectador, observando os alunos que autonomamente analisam o fenômeno e chegam às respostas sobre a natureza do mesmo.

Na realidade, neste momento intenso, assiste-se ao afirmar do processo de interação multilateral descrito anteriormente (na figura 1), onde o professor é imerso na discussão ativa sobre o tópico e os alunos participam e problematizam.

IV. Resultados

As opiniões e reações dos alunos foram coletadas em dois momentos:

- 1) através da observação do desempenho em sala de aula;
- 2) através da aplicação de um questionário (mostrado em apêndice).

A seguir, são relatados os resultados desses dois momentos de investigação.

IV.1 Reações

Durante os experimentos foram coletadas reações e respostas dos alunos à aplicação do uso de demonstrações práticas na sala de aula, em relação a alguns aspectos:

1) o número de questões: comparando o número de questões feitas pelos alunos para aulas com ou sem demonstrações se pode verificar um aumento das perguntas e também do envolvimento dos alunos com o tópico. A demonstração prática transforma o conceito teórico tratado na sala em um fenômeno observável e o aluno muitas vezes descobre lacunas ou dificuldades de compreensão que são evidenciadas durante a “manipulação” da teoria.

2) o desempenho dos alunos melhorou sensivelmente: comparando de novo aulas com ou sem demonstrações foi possível detectar que os alunos que observam o fenômeno praticamente “enxergam” com mais clareza a teoria e aplicam os conhecimentos com mais facilidade resolvendo os exercícios de aplicação;

3) os alunos foram estimulados a investigar também fora do horário de aula para completar ou aumentar o conteúdo das demonstrações, produzindo interesse e prazer na compreensão;

4) momento crítico e de suporte: os alunos produziram dúvidas e perguntas que foram esclarecidas por outros alunos. Nessa fase, o professor ficou de lado, deixando interagir os alunos com a experiência, e entre eles corrigindo e ajudando somente nos casos de necessidade;

5) os alunos sabem que, no final da aula, haverá o momento das demonstrações: os estudantes ficam mais atentos e concentrados e participam até o final. É importante notar que a atenção dos alunos fica fixa pela primeira meia hora ou pouco mais, onde é concentrada a exposição teórica. Depois é importante incluir ou envolver os alunos para que eles fiquem atentos.

IV.2 Resultados dos questionários

Da turma de alunos do semestre atual, dos 10 alunos, 9 responderam o questionário. Das turmas dos semestres anteriores, foram recebidas 6 respostas.

Os questionários foram analisados para detectar um retorno ativo dos alunos, e junto com os resultados práticos (resposta) pudemos observar uma surpresa profunda na maioria dos alunos a serem incluídos no processo de avaliação. Os alunos perceberam que as perguntas e, sobretudo as respostas, serão parte integran-

te de um processo de melhoramento da atividade pedagógica pelo professor. Nesse sentido, nós recebemos também comentários e sugestões que mostram o interesse e o envolvimento dos alunos. O modelo do questionário é apresentado no final deste artigo.

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados e os comentários que surgiram da análise dos questionários e dos “conselhos informais” dos demais alunos.

Na primeira pergunta, é colocado um peso grande sobre a opinião do aluno.

Os 15 alunos entrevistados apresentaram uma unanimidade em julgar a atividade da experiência de cátedra como uma iniciativa válida.

Na segunda pergunta, o aluno julga o veículo: o professor. Nesse caso, é notável uma diferença de opinião. É interessante notar como muitos dos alunos que tiveram dificuldades em entender as explicações nos relataram como os colegas ajudaram nessa situação, esclarecendo e produzindo uma interação direta de suporte entre os alunos. Esse é um ponto importante porque o professor pode utilizar a ajuda fornecida pelos demais para cuidar daqueles que não entenderam.

Na terceira pergunta, é questionado um aspecto técnico das atividades de experiência de cátedra, o tempo alocado para as experiências. Muitos julgaram suficiente o tempo e comentaram que era um tempo de grande interesse e de expectativa para os alunos para relaxar depois da teoria.

Na quarta pergunta, a proposta é mais audaz. O aluno deve criticar e possivelmente corrigir o método utilizado pelo professor na tarefa pedagógica fundamental de apresentar os objetivos (claros, em sequência e estruturados).

De novo os alunos apresentaram uma opinião bastante uniforme e completaram dizendo que esta fase de explicação é quase sempre corrigida durante as experiências. Os alunos não deixam escapar uma dúvida, imperfeição ou superficialidade no processo de explicação, questionando ou criticando imediatamente suportados também pela familiaridade e informalidade que a experiência de cátedra introduz entre professor e alunos (eliminando a postura típica de: “Não entendi nada, mas tenho medo de perguntar”).

Na quinta pergunta, temos um momento de análise para despertar nos alunos a memória das atividades conduzidas durante as experiências de cátedra. Os resultados parecem positivos. Já diretamente durante as experiências acontece uma racionalização do aluno para conectar o resultado da experiência com o fenômeno discutido teoricamente pouco antes no momento de exposição teórico. Aqui o professor deve trabalhar muito para preencher a distância entre os dois momentos

(visão teórica do fenômeno e visão do fenômeno através resultados da experiência).

Na sexta pergunta, temos um momento complexo de auto-análise e avaliação. O aluno sai do conceito de “receber passivamente o conteúdo” para entrar, através da observação direta e possivelmente da manipulação física, na nova dimensão que leva o aluno a entender o fenômeno, eventualmente mudar as suas ideias (possivelmente erradas ou superficiais), e também fixar através do processo da experiência uma memória indelével do conceito para o futuro. É interessante notar como os alunos remarcarão o fato que eles “lembram” da teoria porque observaram e manipularam a experiência.

A pergunta 7 é a mais complexa e leva a detectar ainda uma dificuldade na aplicação dos conteúdos relacionados com a experiência de cátedra nos exercícios (normalmente parte de um livro ou de uma lista).

Obviamente, os exercícios ficam um pouco separados da sequência do experimento e podem despertar confusões no aluno. Aqui é o professor que deve manter a sequencialidade teoria, experiência exercício, produzindo exercícios adequados.

A pergunta 8 é utilizada, principalmente, como controle do professor sobre a difusão local das experiências de cátedra.

Este é um momento de análise do professor para detectar possíveis ajudas ou interações externas (outro professor) e eventualmente favorecer a difusão da prática das experiências de cátedra.

A última pergunta é mais uma colocação técnica e é utilizada para avaliar experiências passadas e favorecer um feedback dos estudantes que eventualmente já tiveram experiências similares e podem ajudar a melhorar a atividade do professor.

Resumindo os resultados dos questionários, temos que:

- Os 15 alunos acharam a iniciativa válida;
- 11 alunos consideraram as explicações do professor claras, e 4 bastante claras;
- 13 alunos consideraram o tempo alocado para as experiências suficiente, apenas 2 acharam insuficientes e sugeriram alocação de mais tempo;
- 13 alunos consideraram os objetivos das experiências claros, 2 consideraram bastante claros;
- 10 alunos entenderam os fenômenos conectados com as experiências de cátedra, 5 entenderam na maioria dos casos;
- Para 10 alunos, as experiências de cátedra ajudaram na compreensão da teoria, para 4 ajudaram bastante, para 1 ajudou pouco;

- 6 alunos se sentiram mais seguros e hábeis na resolução dos exercícios depois das experiências de cátedra; 4 se sentiram bastante seguros, 4 pouco seguros e para 1 não ajudou.

- 6 alunos tinham conhecimento das experiências de cátedra através de outras disciplinas, 9 não tinham conhecimento.

- 6 alunos tiveram aulas com experiências de cátedra antes, 9 não.

Ao final do questionário, foi possível coletar algumas reações e alguns comentários dos alunos envolvidos na pesquisa que ajudaram a especificar algumas justificativas por este trabalho:

Esta iniciativa é de grande valia para o ensino de física, pois aproxima o aluno do mundo físico, não prendendo a atividade do ensino-aprendizagem apenas a um quadro-negro. Na minha opinião, toda a iniciativa que quebre a rotina de uma aula puramente expositiva é válida (aluno 1).

Acho que deveria ter um pouco mais dessas experiências da cátedra, quem sabe até começar as aulas com tais experiências, com o objetivo de despertar a curiosidade e o interesse em entender os fenômenos envolvidos nos experimentos, uma vez que quando se explora várias formas de ensinar física, além de aumentar a probabilidade de compreensão do aprendiz, também dá significado mais concreto ao conteúdo, por isso são válidas tais experiências (aluno 2).

“Gostaria que mais professores se propusessem a realizar experiências de cátedra. Acredito que os fenômenos se esclarecem quando vejo e interajo com a experiência. Sei que não é fácil elaborar e muitas vezes fazer o experimento funcionar, mas não tenho dúvidas de que nós alunos ao experimentarmos conseguiremos dar significado à teoria dos livros (aluno 3).

Não tenho sugestões a fazer, acho a iniciativa válida, mas acredito que elas (pelo menos para mim) não interferiram muito na resolução dos exercícios, ajudam mais na materialização do que foi estudado e ajuda a compreensão (aluno 4).

Estas experiências sempre são válidas. Sugiro um maior tempo e um pouco mais elaborado (aluno 5).

Acho bastante válida essa sua iniciativa. O conteúdo de física 4 torna-se bastante abstrato quando não ilustrado com experimentos. Acredito que você deve sim continuar com os experimentos, pois eles ajudam bastante na compreensão dos fenômenos físicos. Quando fiz essa disciplina, me chamou atenção sua vontade

de ensinar e fundamentar ainda mais a teoria através de ilustrações práticas. Bom seria se todos os professores agissem assim (aluno 6).

Professor, acho essas experiências muito interessantes, até mesmo para que o aluno possa ver realmente como as coisas estão acontecendo, acho que é um método alternativo de passar uma matéria e não deixar as aulas presas ao livro.

Particularmente, lembro muito bem de algumas experiências com fendas e, mesmo após 2 semestres, não esqueci nem dos experimentos nem da teoria envolvida.

Gostaria de dar os parabéns pela iniciativa das experiências e pela pesquisa, se tivéssemos mais professores interessados em melhorar suas aulas acho que poderíamos formar profissionais cada vez melhores. Parabéns!! (aluno 7).

Boa iniciativa do professor, talvez essa ideia devesse ser levada a outros professores de disciplinas que possibilitam tal demonstração prática (aluno 8) .

Particularmente, foi de muita ajuda as experiências de cátedra no fim de algumas aulas porque nas experiências que temos nos laboratórios não seguem uma ordem com o conteúdo dado pelo professor de Física em sala de aula (o que na minha opinião é a maior deficiência do curso), o que torna os experimentos sem sentido pois ainda não vimos a teoria. Então quando o professor levava os experimentos de cátedra, os conteúdos passavam a ter maior significado. Enfim, acho que qualquer tentativa de auxiliar na fixação de conteúdos é válida, e acredito que nenhum aluno pode se opor a essa ideia (aluno 9).

Dos 15 alunos, só 2 não incluíram comentários no final dos questionários. Nota-se, pelas respostas, a vontade, por parte dos alunos de reforçar seu interesse nas experiências de cátedra para que se tornem prática habitual.

IV.3 Avaliação da aprendizagem

Comparando-se o desempenho dos alunos matriculados em turmas nas quais não foram feitas experiência de cátedra com o desempenho de alunos de turmas nas quais foram realizadas tais experiências, houve indicações de efeitos positivos das experiências na melhoria do desempenho dos alunos, nos seguintes aspectos:

- Atenção e participação em sala de aula: os alunos ficam focados e atentos, intervindo com perguntas e colocações muito pertinentes. Outros alunos ajudam no esclarecimento das dúvidas e comentam com experiências pessoais e conhecimentos prévios sobre os tópicos;

- Habilidade e sucesso na resolução de exercícios: a maioria dos alunos quase não precisa de ajuda, tendo claro em mente a sequência dos eventos e a estrutura sequencial dos fenômenos descritos nos exemplos e exercícios;
- Interesse nos tópicos tratados e exposição de dúvidas: os alunos ficam envolvidos e, na atmosfera descontraída, sentem-se à vontade para perguntar e apresentar opiniões e ideias pessoais.

V. Conclusões e perspectivas futuras

No início, fizemos três perguntas às quais, agora, podemos responder:

- É possível encaixar a prática das experiências de cátedra no currículo atual do ensino de física?

A resposta a essa pergunta pode ser dada em termos de conveniência e compatibilidade. Conveniência porque os alunos ficam mais envolvidos e ativos em sala de aula, influenciando o desempenho e atenção. A experiência de cátedra é um momento agradável, que introduz uma interação com o professor e colegas mais direta e uma descontração pedagogicamente saudável. Compatibilidade pelo caráter de simplicidade e rapidez das experiências. Pelas vantagens produzidas, parece interessante introduzi-las no currículo de ensino sem perigo de prejudicar os conteúdos ministrados.

- Estas experiências são úteis ou supérfluas, já que já existe um laboratório didático?

Partindo da experiência pessoal e do *feedback* dos alunos, podemos determinar que não sempre o laboratório didático é integrado com a exposição da aula teórica. Por isso, o aluno sente uma falta de conexão entre os conceitos teóricos e a ilustração prática de um tópico. A experiência de cátedra pode fornecer certamente um alívio a esta situação;

- O tempo alocado para estas experiências é bem utilizado?

Podemos responder que o tempo alocado é justificado em função do melhoramento do desempenho dos alunos. E a experiência de cátedra representa também um momento de prazer e relaxamento pelos alunos e também pelo professor;

- Os resultados sobre o processo de aprendizagem justificam a aplicação destas experiências?

Os alunos lembram com mais facilidade os conceitos teóricos através do reforço prático das experiências, e as notas das turmas com experiências de cátedra foram melhores.

Como definido no capítulo 1, o objetivo geral deste estudo era testar o efeito das experiências de cátedra na formação dos alunos e sua aceitação. Esse objetivo foi atingido, com resultados favoráveis à realização de experiências de cátedra.

Os objetivos específicos foram atingidos, uma vez que as experiências de cátedra foram desenvolvidas na disciplina de Física 4, e as reações e aprendizagem por parte dos alunos foram investigadas. Fica implícita a proposta de utilização de experiências de cátedra como parte complementar das aulas expositivas.

Uma das considerações fundamentais sobre a utilidade de experiências de cátedra vem da uma típica reação dos alunos quando eles conectam uma pergunta teórica com a correspondente atividade prática. O aluno, em geral, lembra com facilidade a experiência prática em maneira indelével e imediatamente suporta a teoria com esta.

A comparação qualitativa do desempenho de turmas que assistiram a aulas teóricas normais e aulas teóricas integradas com experiência de cátedra permite destacar, para aquelas do segundo grupo, os seguintes pontos:

- a atmosfera mais descontraída entre professor e alunos;
- participação ativa da maioria dos alunos;
- incremento do interesse pelos tópicos dentro e fora da sala de aula;
- redução das dificuldades na hora de resolver exercícios ou problemas sozinhos.

No entanto, mesmo que as questões curriculares não sejam contempladas nesta proposta, a estrutura e a dinâmica operacional das experiências de cátedra não impedem que sejam implementadas nas aulas.

É importante destacar que a aplicação das experiências de cátedra em turmas numerosas não é aconselhável. Experiência direta com turmas de até 60 alunos levou a formular as seguintes observações:

- 1) o tempo necessário para conduzir a experiência, envolvendo os alunos, é, em geral, excessivo;
- 2) alguns alunos ficam indisciplinados por causa da espera ou para não poder ser diretamente envolvidos na experiência;

No entanto, como já destacado na revisão bibliográfica, temos de ser cuidadosos com essas experiências de cátedra, porque o que é óbvio para o professor pode não ser tanto para os alunos.

Muitas vezes, os alunos não são capazes de distinguir o fenômeno de interesse de outros aspectos mais atrativos visualmente e podem ficar confusos sobre experiências semelhantes ou são incapazes de estabelecer a relação entre os fenô-

menos e leis físicas. As coisas ficam muito facilitadas se são respeitadas as seguintes recomendações:

a) os alunos devem ter a oportunidade de explicar e discutir a base e os resultados da experiência;

b) confirmando a literatura, se o professor planeja usar uma demonstração da cátedra para eliminar ideias inadequadas dos alunos sobre os fenômenos físicos, deve estar ciente de que um conflito entre as ideias próprias e os dados experimentais não necessariamente leva a questionar as ideias;

c) é desejável que o professor cuide das possíveis interpretações errôneas que podem servir para "explicar" os resultados da demonstração. Muitas vezes, os alunos utilizam as suas ideias alternativas para tentar explicar os fenômenos que estão estudando;

d) é desejável que os alunos sugiram alternativas ou propostas adicionais que possam enriquecer as explicações e / ou as conclusões são obtidas.

No futuro, podemos pensar de estender o uso das experiências de cátedra introduzindo o conceito de exercício/experiência, onde o aluno não faz exercícios somente de uma lista ou de um livro, mas observa um fenômeno durante a experiência de cátedra e deduz, observando e medindo diretamente, parâmetros relevantes. Assim, o exercício não fica como uma atividade abstrata, mas como verdadeira medida de um fenômeno físico visível. Dessa forma, o exercício poderia ser uma aplicação numérica da teoria integrada com uma descrição do fenômeno físico.

Referências

ALVES FILHO, J. P. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, ago. 2000.

BARREIRO, A. C. M.; BAGNATO, V. Aulas demonstrativas nos cursos básicos de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 238-244, dez.1992.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de Ensino-Aprendizagem**. Petrópolis: Editora Vozes, 1977.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 9-31, dez. 2002.

BRYMAN, A. **Social Research Methods**. Oxford: Oxford University, 2001.

- CARVALHO, I. M. **O Processo Didático**. 6. ed. Editora FGV, p. 170, 1987.
- COLOMBO, E.; JAÉN, M. Polarização de luz: uma proposta de experiências simples. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Edição Especial: p. 280-296, nov. 2004.
- EIRAS, W. da C. S. Atividades demonstrativas no ensino de Física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVI, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...**(CD-ROM)
- FERREIRA, N. C. **Proposta de Laboratório para a Escola Brasileira: um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de Física**. São Paulo, 1978. 138 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, USP.
- FODDY, W. **Constructing questions for interviews and questionnaires: theory and practice in social research**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Tradução de Rosisca Darcy de Oliveira. 13. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006. p. 68-69.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 39. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2009. p. 42.
- GIL, A. C. **Metodologia de Ensino Superior**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- HECHT, E. **Optics**. 2. ed. Addison Wesley, 1990.
- MILES, M. B.; HUBERMAN, M. A. **Qualitative data analysis: an expanded sourcebook**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 1994.
- MUXFELDT, F. C. A. **Arte de Ensinar: uma abordagem através do comportamento de professores e seus métodos didáticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- OPPENHEIM, A. N. **Questionnaire design, interviewing and attitude measurement**. 2. ed. London: Pinter Publishers, 1992.

ROSA, P. R. S. Fatores que influenciam o ensino de ciências e suas implicações sobre os currículos dos cursos de formação de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 3: p. 287-313, dez. 1999.

ROTH, W. M.; MCROBBIE, C. J.; LUCAS, K. B.; BOUTONNE, S. Why may students fail to learn from demonstrations? A social practice perspective on learning in Physics. **Journal of Research in Science Teaching**, 34, p. 509-533, 1997.

SANDOVAL, J. D.; SALINAS, J. A sensação de cor: um problema da Física? Algumas experiências para sala de aula. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. 3: p. 238-244, jul. 1990.

SAUERWEIN, I. P. S.; DELIZOICOV, D. Formação continuada de professores de Física do Ensino Médio: concepções de formadores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 25, n. 3: p. 439-477, dez. 2008.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 2. ed. California: Sage, 1994. v. 5.

ZIMMERMANN, E.; EVANGELISTA, P. C. Q. Pedagogos e o ensino de Física nas séries iniciais do Ensino Fundamental. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 261-280, ago. 2007.

Apêndice

Questionário sobre experiências de cátedra (= mini experimentos feitos durante as aulas teóricas)

1. Quanto à iniciativa das experiências de cátedra:

- Achei a iniciativa válida
- Achei a iniciativa desnecessária
- Não tenho opinião

2. As explicações do professor sobre o funcionamento das experiências de cátedra foram claras:

- Sim
- Bastante
- Não

3. O tempo alocado para as experiências de cátedra foi:

- Suficiente
 - Insuficiente
 - Demais
4. Os objetivos das experiências de cátedra estavam claros?
- Sim
 - Bastante
 - Não
5. Você entendeu os fenômenos conectados com as experiências de cátedra:
- Sim
 - Não
 - Na maioria dos casos
6. Você acha que as experiências de cátedra ajudaram na compreensão da teoria:
- Sim, muito
 - Não ajudou
 - Bastante
 - Pouco
7. Depois das experiências de cátedra você se sentiu mais seguro e hábil na resolução dos exercícios?
- Sim, muito
 - Não ajudou
 - Bastante
 - Pouco
8. Você já tinha conhecimento (através outras disciplinas) sobre as experiências de cátedra:
- Sim
 - Não
 - Bastante
9. Você já teve aulas com experiências de cátedra antes?
- Sim
 - Não
10. Comentário: