

Contribuição ao XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, **Ensino de Física: Em Busca da sua Identidade**, Brasília, Brasil, 25 a 29 de Janeiro de 1999

## **UM EXPERIMENTO OPTATIVO COMO AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM EM UM CURSO INTRODUTÓRIO DE LABORATÓRIO DE FÍSICA**

*L.B. Horodynski-Matsushigue, E.M. Yoshimura, E.W. Cybulska, N.H. Medina e P.R. Pascholati*

Instituto de Física Universidade de São Paulo

E-mail [lighia@if.usp.br](mailto:lighia@if.usp.br)

### **Introdução**

A avaliação de aprendizagem nos laboratórios didáticos tem-se constituído em fonte de insegurança e insatisfação para professores e alunos[1]. A forma tradicional de proceder, que se resume em afixar notas em *relatórios* ou atribuir peso demasiado a uma ou várias provas escritas, exclui aspectos importantes da avaliação de desempenho, frente aos objetivos que podem ser traçados para o laboratório[2]. A reestruturação de disciplinas experimentais que está em andamento[3] no Instituto de Física da Universidade de São Paulo - IFUSP - está progressivamente atacando esta problemática, tentando, porém, manter um controle conveniente da situação didática.

As disciplinas Física Experimental 1 e 2 do IFUSP são oferecidas aos estudantes ingressantes nos cursos de Bacharelado em Física, Geofísica e Meteorologia. Elas ocupam 4 horas semanais de aulas dos 2 primeiros semestres e têm entre seus objetivos a familiarização com técnicas experimentais, a sistematização e o tratamento de dados, além do aprendizado da teoria de incertezas[3]. Esses conceitos são introduzidos paulatinamente à medida que os experimentos programados são realizados. Estes, 6 ou 7 por semestre, são desenvolvidos em geral em duas aulas cada um. Inicia-se com a verificação, através de repetições de medições em condições iguais, de que a incerteza dos valores obtidos faz parte do trabalho experimental. A partir daí introduz-se os métodos correntes de tratamento e análise de dados. Ao mesmo tempo, a disciplina pretende que o aluno aprenda a observar criticamente o resultado de seu experimento, compará-lo com o de outros experimentadores e tirar conclusões a partir dessa análise. Os instrumentos que são utilizados pela equipe de professores são a elaboração de relatos sintéticos (sínteses, de todos os experimentos, feitas em grupo e corrigidas sem atribuição de nota) e de relatórios completos (individuais, dois por semestre, para avaliação) e a

discussão em sala de aula (nas aulas semanais e em uma aula síntese comum a todos os alunos) dos resultados coletivos. As disciplinas não têm a preocupação fundamental de acompanhar o conteúdo das disciplinas teóricas concomitantes, nem a de complementá-lo. Os princípios físicos em que se fundamentam os experimentos e procedimentos, quando não foram adquiridos pelos alunos em seu currículo normal, são esclarecidos de forma rápida pelo material escrito (apostilas) e discutidos no transcorrer de cada aula de laboratório. O material didático, além do livro de J R Vuolo *Fundamentos da Teoria de Erros*[4], é constituído apenas da apostila da disciplina que, propositadamente, não fornece todas as informações necessárias para a execução do experimento, de tal modo que o aluno é *obrigado* a tomar decisões sobre a melhor maneira de proceder, de forma cada vez mais ampla, conforme vá sendo exposto às situações de medição mais comuns. Esse encaminhamento visa um amadurecimento e desenvolvimento da auto-confiança e auto-suficiência. Espera-se que, ao final do primeiro ano do curso o aluno tenha desenvolvido algum espírito crítico e tenha assimilado o papel desempenhado pelas incertezas em trabalhos experimentais, de modo a poder aplicar a teoria de incertezas a situações novas. Como forma de avaliar essa meta da disciplina e, ao mesmo tempo, constituir-se em uma motivação adicional, foi introduzido, neste ano (1998), no programa de Física Experimental 2 o encaminhamento e a execução do último experimento de uma forma mais autônoma: o aluno escolhia o experimento a ser feito, desde que com o uso dos equipamentos disponíveis no laboratório didático.

### **Descrição da proposta:**

Desde o início do semestre letivo comunicou-se aos alunos que seria realizado um experimento optativo, como fecho da disciplina. Eles foram estimulados a iniciar a busca de opções de experimento, discutindo com seus colegas e com os professores sobre a viabilidade da proposta. Dessa forma foi mantido um canal aberto que visava diminuir a insegurança natural do aluno ante a nova situação, já que, infelizmente, é raro que opções deste tipo sejam apresentadas aos alunos, ao longo do curso.

A concretização do experimento foi realizada em três etapas, paralelamente ao desenvolvimento dos outros experimentos da disciplina, ao longo de praticamente um terço do semestre. Na primeira etapa solicitou-se do aluno a apresentação de uma proposta, contendo *objetivos* definidos pelo grupo de alunos e *descrição sucinta da metodologia de tomada e de análise de dados*, dentro do padrão das 2 disciplinas (havia uma semana livre para visita a uma exposição dos equipamentos disponíveis e

discussão com os professores do curso). A fase seguinte consistia no juízo desta proposta pela equipe de professores, quanto à viabilidade, à clareza de objetivos, à participação efetiva do grupo na sua elaboração (não foram aceitas cópias de experimentos existentes) e ao uso correto dos métodos de análise experimental desenvolvidos durante as disciplinas. Esse juízo era, então, discutido com a equipe de alunos e a proposta era retornada a eles para eventuais modificações. A terceira etapa, execução do experimento, foi realizada em duas semanas consecutivas de aula, incluindo a análise dos dados e elaboração de conclusões. Cada grupo de alunos de uma classe executou um experimento diferente, mesmo que, por vezes, com material semelhante.

Os alunos que não elaboraram proposta, ou cuja proposta não chegou a um termo satisfatório, receberam as instruções de um experimento-padrão e, se sorteada esta atividade (com 1/3 de chance) para a realização do 2º relatório individual, perderam 30% da nota de avaliação.

### **Resultados e Conclusões**

Verificou-se que a absoluta maioria dos alunos (mais de 90%), mesmo quando houve hesitações e/ou reclamações iniciais, engajou-se de forma ativa, tomando o experimento como efetivamente *seu*, promovendo durante a sua execução discussões pertinentes com o colega de equipe e recorrendo ao professor apenas para comentários e opiniões quanto a alternativas colocadas pelos próprios alunos. Para que a proposta se encaminhasse desta forma foram essenciais: (i) a crítica construtiva feita pela equipe de professores à proposta original dos alunos, contendo alertas sobre lacunas e possíveis dificuldades; (ii) a possibilidade dos alunos utilizarem os plantões de atendimento normais e extraordinários que os professores colocaram à disposição, para irem aperfeiçoando as idéias originais quanto à obtenção e análise de dados, frente aos objetivos que haviam se colocado. Parte da minoria que não participou efetivamente da atividade o fez por opção de economia de tempo. Um monitor, aluno de sexto semestre foi pouco procurado pelos alunos, o que resultou numa atuação menos eficaz do que inicialmente imaginada pela equipe de professores.

Dentro das regras estritas de escolha de experimentos, a criatividade ficou um pouco tolhida, entretanto, em parte como fruto das sucessivas interações prévias com os professores, os objetivos foram se aprofundando de forma diferente para cada equipe. Assim, um *estudo de molas* resultou em: (i) comparação de 2 molas aparentemente iguais, quanto à sua constante de elasticidade, considerando

criticamente as incertezas de medição; (ii) verificação da relação entre o período e a constante da mola, utilizando molas diferentes; (iii) na tentativa de estabelecer a relação entre a constante elástica e características da mola, tais como espessura do fio, número e tamanho das espiras, etc. De forma análoga, a difração da luz de um laser foi utilizada para: (i) determinar o seu comprimento de onda, utilizando 4 fendas de tamanho conhecido (dentro de  $5\ \mu\text{m}$ ); (ii) determinar a espessuras dos fios de cabelo de colegas da classe. É interessante notar também que duas equipes, que incluíam técnicos em eletrônica, num primeiro momento, quiseram utilizar fios de cobre para estudar a relação da resistência elétrica com as características dos fios; questionados, encaminharam-se, respectivamente, para a medição em fios de níquel-cromo (NiCr) e em grafite de lápis (que resfriaram com água para manter a temperatura e cuja resistividade determinaram, de forma correta, como não compatível com a tabelada do carbono). Houve, ainda, trabalhos sobre ressonância em sistemas mecânicos, entre eles a medição das frequências correspondentes às notas musicais em uma corda de violão com comprimento alterado, de forma análoga ao que se obtêm pela pressão dos dedos do guitarrista.

De um modo geral os experimentos propostos pelos alunos referiram-se a assuntos relacionados à Mecânica, tratada nas disciplinas teóricas concomitantes. Verificou-se, também, que apesar de permitido e, por vezes, até incentivado, poucos alunos se propuseram a investir nos experimentos realizados durante os 2 semestres, de modo a melhorar-lhes a precisão ou as informações obtidas. Duas exceções marcantes foram a adaptação de um f piscador a um pêndulo, visando obter um valor de  $g$  mais acurado, e o estudo da influência das paredes sobre a força viscosa que atua sobre um objeto que se movimenta em óleo, neste caso alterando o diâmetro do vasilhame que o continha.

Do ponto de vista didático, o resultado mais promissor é que a maioria dos alunos aplicou de fato os conceitos e habilidades básicas, que haviam sido anteriormente trabalhados durante as experiências programadas, às situações novas e concretas de tomada e análise de dados proporcionadas pelo experimento optativo. Assim, a grande maioria percebeu a vantagem de análises gráficas e linearizações na avaliação da qualidade de dados; praticamente todos se propuseram a, se possível, repetir medidas e apresentaram os resultados finais acompanhados de um intervalo de confiança. Como fator negativo foi observado que a época escolhida para a atividade (final de semestre), se bem que conveniente como avaliação, impediu que alguns alunos, em particular os do noturno, empenhassem tanto tempo quanto desejável. A

exigüidade de tempo impossibilitou programar um retorno mais efetivo, após a correção das sínteses entregues, para a globalidade dos alunos. Isto poderia ser proporcionado, por exemplo, através de seminários de apresentação e discussão dos resultados obtidos por cada equipe.

### **Referências**

- [1] A P French, *Some thoughts on introductory physics courses*, Am J Phys 56(2);110-113(1988)
- [2] L B Horodynski-Matsushigue, P R Pascholati, M Moralles, M -L Yoneama, J F Dias, W A Seale e P T D Siqueira, *Os Objetivos do Laboratório Didático na Visão de Alunos Ingressantes no Bacharelado em Física do IFUSP e de seus Professores*, Rev Bras Ens Fís 19(2);287-297(1997)
- [3] L B Horodynski-Matsushigue, P R Pascholati, J H Vuolo, M -L Yoneama, J F Dias, P T D Siqueira e M Amaku, *Uma Proposta para o Laboratório Didático de Física de 3º Grau: Física Experimental I e II do IFUSP*, XIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Novos Horizontes, 27 a 31-1-1997, Belo Horizonte, in resumos pág 100
- [4] J H Vuolo, *Fundamentos da Teoria de Erros*, 2ª. edição, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1996