

Um Exemplo de Utilização, no Ensino de Física, de um Modelo Teórico de Ensino

M. A. MOREIHA

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS

Recebido em 19 de Outubro de 1976

É descrita uma experiência na qual apostilas de laboratório foram elaboradas, com base no modelo de ensino de James Gallagher, e usadas como recurso para ministrar aulas de laboratório a grupos de 40 alunos num curso de Física Geral. Não se trata propriamente de um trabalho de pesquisa e sim de um exemplo de utilização prática, no ensino de Física, de um modelo teórico de ensino.

An experiment is described where Laboratory guides were prepared, using James Gallagher's model of teaching as a theoretical framework, and used to give laboratory classes to groups of 40 students in a General Physics course. It is not a research paper, but rather an example of practical use, in Physics teaching, of a theoretical teaching model.

1. INTRODUÇÃO

Em Física, teoria e experimentação andam juntas. Teorias são formuladas com base em resultados experimentais e ao mesmo tempo servem de estímulo à realização de novas experiências, cujos resultados realimentarão a teoria. Um modelo, por exemplo, é um embrião de teoria que pode servir de guia à realização de experiências, cujos resultados poderão refutar o modelo ou refiná-lo sucessivamente até chegar a uma teoria.

Em ensino, porém, essa parece não ser a regra geral. Tanto a pesquisa em ensino como a atividade de ensinar em si são, muitas vezes, levadas a cabo sem um sistema de referência teórico, sem um modelo ou uma teoria nos quais estejam fundamentadas. Assim procedendo, no entanto, cremos que dificilmente chegar-se-á a conclusões relevantes a cerca do processo ensino-aprendizagem. Parece-nos que, assim como em Física, ou em

ciência de um modo geral, a atividade de ensino ou pesquisa em ensino deveria ser guiada por modelos e teorias de ensino, os quais por sua vez seriam modificados ou refinados em função dos resultados obtidos.

Seguindo essa linha de pensamento, o presente trabalho tem por finalidade exemplificar a utilização de um modelo de ensino como referência teórica à organização do ensino. O modelo de ensino escolhido foi o de James Gallagher¹ e com base nele foram programadas experiências de laboratório para um curso de Física Geral. A descrição que se segue não visa enfatizar ou recomendar tal modelo em particular. A escolha de um modelo depende de muitos fatores que não vamos discutir aqui. O que queremos destacar é a possibilidade de organizar o ensino com base em modelos de ensino.

2. O CONTEXTO DO CURSO

A importância das aulas de laboratório num curso de Física Geral é, sem dúvida, indiscutível. Em muitos casos, no entanto, o número de tais aulas é minimizado em consequência de vários fatores e o curso torna-se essencialmente teórico. Tal situação ocorre, por exemplo, quando a estruturação do curso prevê turmas de 40 a 50 alunos, carga horária fixa e comum a todo grupo e o professor não dispõe de auxiliares. Isto é, não existem horários especiais para laboratório, nem monitores que auxiliem o professor a ministrar aulas práticas a pequenos grupos. Nessa contingência, até certo ponto comum quando o curso envolve centenas de alunos, o professor vê-se praticamente obrigado a dar um curso teórico.

Exatamente para esse contexto é que nos propomos a descrever a solução usada. Com o objetivo de ministrar aulas de laboratório para grupos de 40 a 50 alunos simultaneamente e sem prever que o professor dispusesse de auxiliares em classe, foi preparado um conjunto de 6 experiências de laboratório, programadas tomando como quadro teórico de referências o modelo de ensino de James Gallagher.

Essas experiências programadas foram utilizadas pela primeira vez em 1971 na disciplina Física II do Departamento de Física da UFRGS. Nessa

ocasião fez-se um estudo comparativo entre um grupo de alunos que fez as experiências programadas com outro grupo que as fez de forma não programada. Desde então passou-se a utilizar as experiências programadas com todos os alunos da disciplina e, a partir do 1º semestre de 1973, essas experiências foram também incluídas na programação individualizada das turmas onde se está usando o Sistema Keller. A disciplina Física II destina-se a estudantes de segundo ano (ou 3º semestre) de ciências e engenharia. Seu conteúdo é eletricidade e magnetismo ao nível do texto Física de D. Halliday e R. Resnick. Para a utilização das experiências programadas conta-se com um conjunto de equipamento de laboratório para cada grupo de 4 ou 5 alunos.

3. O MODELO DE JAMES GALLAGHER (O Sistema de Classificação de Tópicos)

A finalidade desse sistema é indicar o *nível de conceitualização*, o *estilo de pensamento* e a ênfase dada em *conteúdo* ou *habilidades* na discussão em classe. O termo tópico é usado para delinear uma unidade em que se centraliza o foco da discussão em classe numa dada ação, contexto ou princípio. Num aula são abordados, em geral, vários tópicos que, por sua vez, estão agrupados em temas. O tema é o elemento unificador de uma série de tópicos relacionados.

O Modelo de Gallagher é também chamado de modelo tridimensional. As três dimensões são:

Conteúdo - Habilidades

Nível de Conceitualização

Estilo de Pensamento

A primeira dimensão refere-se a diferentes objetivos de ensino e, por isso mesmo, é uma dimensão dicotômica. *Conteúdo* refere-se ao objetivo de fazer-se com que o estudante adquira um determinado corpo de conhecimento; *habilidades* refere-se ao objetivo de ensinar-se ao estudante um conjunto de comportamentos ou habilidades que o capacitem a enfrentar com sucesso situações futuras.

A segunda dimensão refere-se ao grau de abstração em que a classe está trabalhando. Três níveis são usados como referência nessa dimensão:

1) *Dados*: representa a discussão de dados específicos; é o nível concreto dos acontecimentos.

2) *Conceito*: representa um certo grau de abstração em relação aos dados, conduzindo a idéias mais gerais e suas aplicações ou associações.

3) *Generalização*: representa as idéias e conceitos mais amplos e seu relacionamento, como numa lei ou num princípio geral.

A terceira dimensão refere-se ao estilo de pensamento presente no trabalho em classe; focaliza com a informação está sendo processada em classe. O foco de um tópico abordado pode estar na *Descrição* de um conceito ou evento; na *Expansão* que levará o grupo a novas linhas de pensamento e o encorajará a fazer novas associações; na *Explicação* através de argumentos, de uma sequência dedutiva de pensamentos; ou na *Avaliação* que levará o grupo a tomar decisões, a julgar e explicar as razões nas quais está baseado o julgamento.

A programação de uma aula pode, então ser feita de tal modo que cada tópico a ser abordado seja classificado em cada uma das três dimensões. Assim, por exemplo, um tópico cujo foco fosse a definição de substâncias ferromagnéticas seria classificado em CONTEÚDO-CONCEITO-DESCRIÇÃO. Um tópico cujo foco fosse analisar dados obtidos numa aula de laboratório seria HABILIDADES-DADOS-EXPLANAÇÃO, e assim por diante.

Pelas suas características, esse modelo serve como sistema de referência não somente na preparação de uma aula mas também na elaboração de um programa, uma vez que na instrução programada a organização sequencial das pequenas etapas é vital.

4. AS EXPERIÊNCIAS PROGRAMADAS

Com base no Modelo de Gallagher foram programadas 6 experiências de laboratório para serem feitas, cada uma delas, simultaneamente por 40 alunos, divididos em 10 grupos de 4 alunos, sem contarem com a assistência

de monitores e com um mínimo de assistência por parte do professor. As 6 experiências foram as seguintes:

- 1) Estudo de um campo elétrico com o auxílio de uma cuba eletrolítica.
- 2) Verificação da Lei de Ohm e estudo de resistores lineares e não lineares.
- 3) Carga e descarga de um capacitor: estudo experimental de um circuito RC em fase transitória.
- 4) Indução eletromagnética: estudo qualitativo e quantitativo.
- 5) Estudo de um circuito RLC em série.
- 6) Determinação de comprimentos de onda da luz com auxílio de redes de difração.

Para cada uma dessas experiências foi elaborado um quadro teórico de referências e, a partir dele, foram programadas as apostilas a serem usadas pelos alunos. O Quadro I é um exemplo de quadro teórico de referências e o Apêndice I a correspondente apostila, sob forma condensada.

5. RESULTADOS

A eficiência dessas experiências programadas, não com objetivos ambiciosos de "redescoberta" ou algo parecido, mas para fins de ilustração do conteúdo, familiarização com instrumentos, métodos, etc., foi praticamente comprovada pelo uso durante cinco anos consecutivos. Quando foram usadas pela primeira vez, em 1971, fez-se um estudo comparativo entre alunos que faziam as experiências usando as apostilas programadas e alunos que faziam as mesmas experiências de forma não programada. Os primeiros trabalhavam quase que independentemente enquanto que os últimos recebiam um roteiro para a experiência e contavam com a assistência do professor e/ou monitor. Após a realização das experiências ambos os grupos eram submetidos a testes comuns sobre o conteúdo das mesmas. Esses testes não

foram considerados para fins de avaliação na disciplina. Das 12 turmas da Disciplina, 6 foram escolhidas como grupo experimental e 6 como controle. Na seleção dos grupos apenas tomou-se o cuidado de colocar, em cada um, 2 turmas do turno da manhã, 2 do turno da tarde e 2 do turno da noite. Não havia, por exemplo, a possibilidade de trabalhar-se com amostras escolhidas aleatoriamente.

Com essa sistemática foram, nessa oportunidade, testadas 4 das experiências programadas envolvendo cerca de 400 alunos. Em um caso (4.^a experiência), a análise estatística das médias obtidas por ambos os grupos acusou diferença significativa a favor do grupo de controle. Nos demais, em dois a diferença favoreceu o grupo experimental e no outro não houve diferença significativa. Em todos os casos o nível de significância escolhido foi 0.01 e o teste usado foi o *Teste t* (Ref.2).

A partir do segundo semestre de 1971 passou-se então a usar essas experiências programadas com todos os alunos da disciplina. Tal medida, no entanto, foi tomada não só em virtude dos resultados estatísticos obtidos, mas principalmente em razão de um consenso havido entre os professores, na oportunidade, de que, para a estrutura existente no curso, o uso de apostilas programadas era a melhor forma de abordar o laboratório. Mais tarde, em 1973, quando na mesma disciplina foram realizadas as primeiras experiências com o sistema Keller, verificou-se que as apostilas programadas inseriam-se bastante bem na programação individualizada.

Apesar de que uma renovação seria certamente desejável, tais apostilas continuam a ser usadas ainda hoje, cinco anos depois, na disciplina Física II, tanto nas turmas onde o ensino é convencional como naquelas em que o ensino é individualizado. Cremos que esse fato pode ser interpretado como evidência dos bons resultados obtidos, nesse caso, como uma primeira tentativa de organizar o ensino segundo um modelo de ensino.

6. COMENTARIOS FINAIS

Nas condições do curso a que se refere esse trabalho, as apostilas programadas com base no Modelo de Gallagher mostraram ser um recurso ade-

Quadro 1: Classificação de tópicos em experiências de Física - Experiência nº 2 - Verificação da Lei de Ohm e estudo de resistores lineares e não lineares - Quadro de referência.

	Descrição	Expansão	Explicação	Avaliação
Generalização	A Lei de Ohm	A Lei de Ohm é válida para qualquer condutor?	Comumente diz-se que a Lei de Ohm é expressa pela relação $R=V/I$. Explique porque essa afirmação não é correta.	Com os recursos disponíveis no laboratório, como será possível saber se um resistor obedece ou não a Lei de Ohm?
Conceito	O conceito de resistência elétrica.	Quais os fatores que determinam a resistência elétrica de um condutor?	Explique porque a resistência de um condutor pode variar com a temperatura.	A temperatura é a única causa de variação de resistência de um condutor de dimensões definidas?
Dados específicos	Descreva o que você observa no amperímetro quando varia a posição do cursor do reostato.	Existe uma proporcionalidade entre a corrente e a tensão aplicada no resistor?	Substituindo o resistor, a variação anteriormente observada manter-se-á? Justifique.	Fazendo o gráfico correspondente a diversas leituras de I e V seria possível saber se a relação entre essas grandezas é linear ou não?

VARIACÃO NO NÍVEL DE CONCEITUALIZAÇÃO

VARIAÇÃO NO ESTILO DE PENSAMENTO

Conteúdo e habilidades

CONTEUDO: estudo da linearidade ou não de um resistor
HABILIDADES: uso de multiteste, montagem de um circuito elétrico a partir do esquema, montagem de um divisor de tensão.

quado para a realização de experiências de laboratório, tanto em grupo como individualmente.

Essa conclusão obviamente não permite qualquer generalização quanto à validade do modelo nem quanto à possível utilização, em outras condições, dos recursos didáticos preparados com base nele. Sugere, porém, que é possível organizar o ensino (de Física, no caso) a partir de um modelo de ensino e nos dá confiança suficiente para recomendar essa prática aos que procuram soluções para o problema ensino-aprendizagem e, também, aos que pesquisam nessa área.

APÉNDICE I: APOSTILA (CONDENSADA)

INSTITUTO DE FÍSICA DA UFRGS - Física Geral, 2º semestre

VERIFICAÇÃO DA LEI DE OHM E ESTUDO DE RESISTORES LINEARES E NÃO LINEARES (2ª experiência de laboratório)

- I - Objetivos: Após a realização da experiência você deverá ser capaz de:
- a) dizer em que condições é válida a Lei de Ohm; b) determinar o valor de uma resistência elétrica diretamente, usando o multiteste;
 - c) determinar o valor de uma resistência indiretamente, usando um voltímetro e um amperímetro; d) traçar a curva de I em função de V para um resistor qualquer; e) distinguir entre um resistor linear e um resistor não linear; f) dizer quais os fatores que podem influir na resistência de um condutor; g) descrever o procedimento experimental necessário para determinar se um resistor é linear ou não.
- II - Procedimento: Nas páginas seguintes você encontrará um roteiro para realizar a experiência. Esse roteiro conterá perguntas que você deverá responder por escrito no espaço previsto para a resposta. No verso da página você encontrará as respostas corretas a essas perguntas. É muito importante que você escreva todas as respostas às perguntas de uma mesma página antes de consultar a folha

de respostas. Uma vez consultada a folha de respostas, corrija suas respostas (se for o caso) escrevendo a resposta correta logo abaixo de sua resposta, e passe para a folha seguinte. Obviamente, por questões de redação, algumas vezes você terá que decidir sobre o acerto de sua resposta quando comparada à resposta correta. À medida que você seguir o roteiro, você observará que, inicialmente, as perguntas visam dar um embasamento teórico para a experiência e, posteriormente, se referem à execução da experiência propriamente dita.

Página 2 - Conceito: Resistência Elétrica - As questões 1, 2, 3 e 4 correspondem respectivamente à **Descrição**, **Expansão**, **Explicação** e **Avaliação** do Modelo de Gallagher. (No original existe espaço para responder e as respostas corretas estão no verso.)

1. O que se entende por resistência elétrica de um condutor?
2. Quais os fatores que determinam a resistência elétrica de um fio condutor?
3. Explique porque a resistência de um condutor pode variar com a temperatura.
4. Seria a temperatura a única causa de variação da resistência de um condutor de dimensões definidas?

Página 3 - Generalização: Lei de Ohm - As questões 5, 6, 7 e 8 correspondem respectivamente à **Descrição**, **Expansão**, **Explicação** e **Avaliação**. (No original as respostas corretas estão no verso.)

5. Qual o enunciado da Lei de Ohm?
6. A Lei de Ohm é uma lei geral, válida para qualquer condutor?
7. Comumente, diz-se que a Lei de Ohm é expressa pela relação $R=V/I$. Explique porque esta afirmação não é correta.
8. Você dispõe de fonte de tensão, reostato, multitestes, diversos resistores, suporte e fios de conexão. Com este material será possível

ver determinar se os resistores obedecem ou não a Lei de Ohm? Em caso positivo, faça um esquema do dispositivo experimental que você usará e quais as medidas que deverá fazer. Em caso negativo, justifique.

Página 4 - Dados Específicos - As questões 9, 10, 11 e 12 correspondem à Descrição, Expansão, Explicação e Avaliação. (No original as respostas estão no verso).

9. Monte o circuito correspondente ao esquema anterior e chame o professor antes de fazer a ligação final. Feito isso, descreva o que você observa no **amperímetro** quando varia a posição da cursor do **reostato**.
10. Existe alguma **proporcionalidade** entre a corrente e a tensão aplicada no resistor?
11. Substituindo o resistor por qualquer um dos outros, você esperaria o mesmo tipo de variação anteriormente observada?
12. Fazendo o gráfico de I em função de V , seria possível saber se a relação entre estas grandezas é linear para um dado resistor?

Página 5 - Realização de Medidas. (O original pode também conter respostas no verso, porém, quando possível, a verificação e discussão dos resultados deve ser feita com o professor ou monitor).

13. Você dispõe de um resistor comum, uma lâmpada de filamento, um resistor NTC (*negative temperature coefficient*), um resistor VDR (*voltage dependent resistor*) e um resistor LDR (*light dependent resistor*). Usando o circuito montado faça 10 medidas para o resistor comum e 10 para a lâmpada de filamento, preencha as tabelas abaixo e faça os gráficos correspondentes. Qual dos resistores obedece a Lei de Ohm? Por que?

Nº	I (A)	V (v)	R=V/I	ΔR
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Nº	I (A)	V (v)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

$$\bar{R} = \quad \quad \quad \overline{\Delta R} =$$

14. Compare o valor obtido para R na 1.^a tabela com o valor medido diretamente no multiteste. Provavelmente você encontrará diferença e, ainda mais, se você ler o valor da resistência marcada no resistor, você talvez encontre um terceiro valor. Comente estas discrepâncias. Em qual dos valores você confia? Por que?
15. Substitua a lâmpada sucessivamente por um resistor NTC, um resistor VDR e um resistor LDR. Relate suas observações e conclusões em relação à utilização prática desses resistores. (Tenha especial cuidado com o resistor NTC a fim de não danificar os instrumentos de medida, pois a partir de uma certa temperatura a corrente sobe bruscamente.)

REFERÊNCIAS

1. J. J. Gallagher, *A System of Topic Classification*, University of Illinois, Urbana, Illinois, 1966.
2. M.R. Spiegel, *Theory and Problems of Statistics*, Schaum Publishing Co., New York, N.Y. 1961.