

## UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO GRUPAL NUM CURSO DE MECÂNICA ESTATÍSTICA EM BUENOS AIRES

MYRIAM S. DE GIAMBIAGI

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - RJ

### INTRODUÇÃO

Ainda em 1979<sup>(1)</sup> achou-se "most unusual" a idéia de impulsar o ensino grupal; essa forma de trabalhar, entretanto, tem seus seguidores<sup>(2)</sup>. Gostaria de relatar uma experiência deste tipo no curso de Mecânica Estatística (ME) oferecido na Universidade de Buenos Aires, apesar de já se terem transcorrido dez anos desde então.

Pela segunda vez eu era responsável pelo curso de ME (eu tinha a experiência de vários anos como assistente do Prof. Félix Cernuschi no mesmo curso). Na Universidade de Buenos Aires, os cursos consistiam geralmente de aulas teóricas mais ou menos convencionais, ministradas pelo professor, acompanhadas de outras aulas de laboratório e/ou problemas a cargo dos assistentes, subordinando explicitamente a prática à teoria<sup>(3)</sup>. Na Argentina, já em 1918 o Movimento de Reforma Universitária reclamava uma participação mais ativa dos estudantes no ensino através de aulas sob forma de seminário<sup>(4)</sup>. Nos cursos com grande número de alunos, ou seja a maioria, os estudantes tinham quase sempre um papel totalmente passivo nas aulas teóricas.

### ESTRUTURA DO CURSO

A primeira vez que ministrei esse curso, todos - estudantes, assistentes e eu - estávamos insatisfeitos com o método tradicional. Na metade do semestre, mudamos o esquema para permitir uma participação maior dos estudantes. Adotamos como unidade as discussões teóricas (tomando o lugar das aulas magistrais) junto com a resolução de problemas. O resultado foi muito estimulante, porém tivemos a sensação de que não havia ainda condições para eliminar as provas do curso. Mantivemos uma prova individual que consistia na resolução de problemas. Depois disso, para a prova final apresentava-se uma monografia sobre alguma aplicação da ME; faziam-se perguntas acompanhando essa apresentação.

O sistema de monografias tinha sido introduzido muito antes por Cernuschi, na época em que ele ministrou o curso, nos anos de 1958 até 1966. Quando comecei a pesquisar com Cernuschi um modelo de ordem a curta distância em líquidos e soluções, ele me pediu para escrever uma monografia<sup>(5)</sup>. A gente é obrigada então a clarificar e ordenar as idéias; tem-se de sintetizar, discernir os conceitos importantes e fazer um levantamento bibliográfico no decurso do qual se aprende muito. Mesmo uma monografia menor, como é inevitavelmente a de um curso, conserva essas vantagens e contribui eficazmente para relaxar a tensão traumatizante das provas finais.

No ano seguinte decidimos aprofundar melhor a experiência, com um planejamento prévio do curso, mais cuidadoso. Pedi ao Departamento que nos designasse mais pessoas; contei, então, com cinco assistentes dedicados e entusiastas, todos ligados também à pesquisa. Tínhamos cerca de 110 estudantes de um dos últimos cursos da graduação em Física. Insistimos perante os que não tinham ainda feito mecânica quântica para que adiassem o curso de ME, posto que formalmente nunca se tinha exigido o pré-requisito. Não é que eu ache indispensável um curso prévio de mecânica quântica para se ensinar ME: os postulados mínimos para as estatísticas quânticas podem ser aceitos, deixando a discussão para mais tarde. Porém, ele fornece um treinamento muito útil ao se lidar com conceitos abstratos tais como os de "ensemble".

ME é um curso particularmente adequado para ser ministrado sob a forma que planejamos, devido à variedade de problemas que se usam como exemplos de sua aplicação; escolher uns poucos desses problemas tolhe muito o panorama da ME.

Nossa intenção original era dividir o tempo disponível (16 semanas de aula) em duas partes mais ou menos iguais. Na primeira parte eles treinariam ao redor dos conceitos básicos. Na segunda parte se dedicariam a aprofundar, mais do que se costuma num curso usual, uma aplicação da ME, discutindo-a conosco e explicando-a depois aos colegas da turma. Como formavam grupos espontaneamente, pedimos aos alunos que se agrupassem em blocos de não menos do que três e nem mais do que cinco pessoas. Esses grupos constituiriam unidades de estudo e de trabalho, e não haveria provas mas apenas a discussão do que eles estudavam e dos problemas. A exposição do tema especial aos colegas, pelo grupo, tomaria o lugar da prova final. A nota do curso seria dada ao grupo, a menos que algum de seus membros ficasse flagrantemente aquém ou além dos outros. Cada um de nós acompanharia quatro grupos, trocando-os na metade do curso. Conseguia-se assim um contato positivo com maneiras de trabalhar diferentes, e evitava-se a suspeita de discriminações ou favorecimentos pessoais.

Para poder aplicar um método tão livre, adotamos um livro para a primeira parte. Ficamos com o texto de Huang<sup>(6)</sup>, cujo nível consideramos adequado e que já tinha sido usado em cursos anteriores. Houve quatro temas para esta primeira parte:

1) Breve revisão de termodinâmica. Apesar de ter sido estudada no segundo curso de física do ciclo básico, o usual era tê-la esquecido quando chegavam ao quarto ano. Dávamos portanto os três princípios, potenciais termodinâmicos e transições de fase.

2) Teoria cinética, colisões e fenômenos de transporte.

3) Mecânica estatística clássica; conjuntos microcanônico, canônico e grão-canônico; gás de moléculas diatômicas; calor específico de sólidos.

4) Estatísticas quânticas. Equação de estado para o gás perfeito de Fermi, elétrons em metais. Equação de estado para o gás perfeito de Bose-Einstein, condensação de Bose-Einstein.

Para cada um destes temas, aos quais pensávamos dedicar umas duas semanas, propusemos uma série de problemas. Sentávamos com cada um de nossos quatro grupos, explicando, discutindo e perguntando. Era muito trabalhoso também para nós, mas continuo pensando que valeu a pena.

Cada grupo escolheu o seu tema especial e acho interessante mostrar a variedade de assuntos que foram escolhidos dentro de uma lista muito mais ampla.

Grupos do docente A:

- Métodos estatísticos em física nuclear
- Temperaturas negativas
- Gases imperfeitos; "clusters"
- Métodos de Darwin e Fowler.

Idem B:

- Hélio líquido
- Fenômenos irreversíveis
- Movimento browniano
- Teoria da informação.

Idem C:

- Eletrólitos; teoria de Debye-Huckel
- Fenômenos cooperativos; teoria de ligas binárias
- Efeito Hall, coeficiente de Peltier, e outros efeitos em metais
- Teoria de líquidos.

Idem D:

- Elétrons em metais
- Semicondutores
- Temperaturas negativas
- Efeitos de Haas-van Alphen.

Idem E:

- Fenômenos de superfície
- Semicondutores
- Ferromagnetismo
- Transições de fase.

Idem F:

- Transporte
- Teoria da informação
- Polímeros e borracha.

Nos temas especiais, todos os grupos tiveram que ver outros livros, em alguns casos artigos originais de nível acessível. Estudamos as consultas aos livros clássicos de Reif, Landau & Lifchitz, Fowler & Guggenheim, Mayer & Mayer, Kittel. Não conseguimos freguesia para temas como o teorema H através do livro de Tolman, ou teoremas ergódico e quase-ergódico, a nível do livro de Khintchine.

### INTENÇÃO DO CURSO

Antes de começar, houve uma reunião com os estudantes para explicar e discutir o método proposto. De forma geral, ele foi aceito sem grandes objeções. O trabalho em grupo infundia-lhes uma parte da segurança que a ausência das aulas magistrais lhes tirava. O "discurso inaugural" foi mais ou menos neste tom:

"Todos vocês completaram seus vinte anos. São adultos, votam e influem no que acontece com o país. Muitos têm carteira de motorista e podem ser responsáveis, assim, pela vida de alguma pessoa. A responsabilidade que estamos colocando aqui é muito menor do que isso. Vocês estão prestes a ingressar em uma vida profissional na qual vão ter que aprender a se virar sozinhos. Vocês estão acostumados demais a receber tudo mastigado. Não vamos ser suas babás, vamos só fornecer um guia elástico para facilitar que vocês estudem por conta própria, e estamos à disposição para discutir e esclarecer as dúvidas. Agora, vejam bem: se vocês acabarem o curso com a sensação de "saber" ME, e de não ter dúvidas, isto significará que o curso foi um fracasso. A intenção é, pelo contrário, provocar muitas dúvidas, algumas das quais poderão ser carregadas durante anos...

ou a vida inteira. Deveriam ficar assim com a curiosidade e a vontade de entender melhor, ou seja de pesquisar". Embora ninguém se tenha declarado agredido, claro que esta conversa não era muito popular.

Nossa idéia foi de não policiar ninguém, o que envolve a hipótese de um comportamento responsável. De vez em quando surgia alguma desconfiança a respeito desta prática, mas ficamos satisfeitos porque em geral a responsabilidade foi assumida. Dentro de um grupo, cada um ficava estimulado pelos outros.

Como essa nova maneira de trabalhar requeria um esforço bem maior que o de um curso convencional, os que não conseguiam acompanhar foram deixando o curso; mesmo assim, a deserção não foi além de uns 20%.

### O CRONOGRAMA E A REALIDADE

De início surgiu uma dificuldade, aparentemente banal. Formar grupos de 4-5 pessoas para trabalhar dentro de uma sala disposta como anfiteatro era realmente muito complicado. Pedimos salas menores, com mesinhas em torno das quais pudéssemos nos reunir. Só as obtivemos na metade do curso, e isso mudou incrivelmente o clima de trabalho, com grande prazer para todos.

A parte básica demorou bem mais do que o previsto e não tinha sentido apressar o ritmo para acabar de qualquer maneira. Quando percebíamos que todos os grupos estavam girando em torno das mesmas questões, íamos ao quadro negro fazer uma discussão geral. Estudar antes da aula, e não depois de ouvir uma explicação, logicamente custava porque não estavam acostumados a fazê-lo.

O cronograma foi atrapalhado por assembleias e greves. Ninguém desejava se fechar para os acontecimentos externos. A época era então agitada, mas era difícil acreditar que a tragédia, o horror, estavam tão próximos. A ME e as discussões políticas misturavam-se com muita naturalidade. Assim, tivemos que deixar de lado o objetivo de que todos ouvissem os temas especiais dos outros grupos; não deu tempo. Pena, pois lhes teria dado um panorama da ME bem mais amplo. A preparação desses temas também levou mais do que previsto, até o fim do curso. Ficou então resolvido que as "sessões finais" seriam da seguinte maneira: cada um dos quatro grupos que tinham trabalhado com um docente A, B, ..., F ouviria os outros três; a exposição seria assistida pelos dois docentes que os haviam acompanhado no curso.

## BALANÇO FINAL E CONCLUSÕES

Considerando que o método era aplicado pela primeira vez, os resultados foram encorajadores. A sensação apavorante de ir à de riva, que os estudantes experimentaram de início, foi superada pela maioria num período razoável e compensada pela alegria da descoberta. Foi com grande satisfação que ouvi de um rapaz, emocionado depois de ler sobre condensação de Einstein, "mas esta é a coisa mais linda que eu já vi"; e de outros, depois do tema especial, "finalmente a física não me aparece como uma série de compartimentos: para preparar isto tivemos que ir ver capítulos de outras matérias".

De vez em quando tínhamos a sensação nítida de que a dinâmica grupal na relação hierárquica professor-aluno nos fugia das mãos, pois transitávamos, todos, caminhos desconhecidos e, portanto, incômodos. Só um dos grupos teve problemas sérios com os dois docentes que lidaram com ele. A exposição final foi adiada pela tensão mútua, e feita separadamente dos outros, assistida por um terceiro do cente.

Não foi preciso reprovar ninguém; como já disse, o método levou a uma deserção natural. Hã professores que acharão este fato um grave defeito; para mim foi um alívio. Tivemos surpresas agradáveis na hora das exposições finais; alguns grupos que considerávamos fracos se saíram muito bem e criativamente com temas não banais.

A nota era proposta ao grupo pelos dois docentes, (entre os quais a concordância a respeito foi surpreendente), e quase sempre era muito próxima à que eles esperavam. Só um aluno, cujo nível muito superior o grupo admitia, recebeu uma nota individual. Mesmo não podendo chegar à síntese de "satisfatório" ou "insatisfatório", que é a minha preferida, a nota grupal reduziu muito a rivalidade que os sistemas de ensino tradicionais estimulam. Nós pretendíamos estimular a cooperação.

Pena que em 1974 fomos expulsos da Universidade de Buenos Aires. Teria gostado de repetir, ou melhor, aperfeiçoar a experiência. Acho que, apesar das vacilações (ou, quem sabe, por elas), a grande maioria das pessoas envolvidas fez um balanço positivo. Como diz o poeta Antonio Machado

*"Caminante, no hay camino,  
se hace camino al andar".*

Participaram como docentes do curso: Susana Hernández, Jorge Hernando, Enrique Anda, Jorge Gorfinkel e Roberto Raggi.

Jorge Gorfinkel está desaparecido desde 25/11/77. Gerardo Strejilevich, que foi aluno do curso, desaparecido desde 15/07/77. Para eles, a nossa lembrança.

## REFERÊNCIAS

- (1) L.R.B. Elton, Eur. J. Sci. Educ. 1, 71 (1979).
- (2) R.P. Steiner, J. Chem. Educ. 57, 433 (1980).
- (3) L.C. Bassani, R. García, M. Giambiagi, M.S. de Giambiagi, R. Scariabaroizzi (grupo de estudios sobre enseñanza de la ciencia), Comunicaciones de la Asoc. Fís. Arg. 1, 63 (1973).
- (4) J.V. González, "La Universidad - Teoría y acción de la Reforma", Claridad, Buenos Aires, 1945.
- (5) M. Segré, Ciencia y Técnica, vol. 130, nº 652 (1961).
- (6) K. Huang, "Statistical Mechanics", Wiley, 1963.