

## E<sub>7</sub> – EFICIÊNCIAS DE APRENDIZAGEM NUM CURSO DE FÍSICA BÁSICA.

LIMA, Carlos Alberto da Silva e QUINTAS, José Silva.

Departamento de Física, Universidade de Brasília Convênio FUNTEC – BNDE – FUB

Num curso de Física Básica, ministrado para cerca de 500 alunos, na Universidade de Brasília, utilizando três métodos de ensino diferentes, com adequado controle experimental, procedemos uma comparação estatística entre as eficiências de aprendizagem por eles exibidas, em dois níveis de Competência cognitiva distintos mas complementares que correspondem, em sua essência, aos níveis *conhecimento e compreensão* da classificação de Nedelsky. Foram comparados os métodos: Aulas expositivas com recursos de reforço (ME), associação em pequenos grupos com tutor (MG) e uma versão modificada no Plano Keller para instrução personalizada (MIP). O esquema de comparação fugiu, deliberadamente, ao tradicionalmente usado, centrado no cotejo de resultados em um exame final comum e no Índice de receptividade junto aos alunos, pressupostamente exibido em enquetes ao final do curso. Definida neste trabalho como *o grau de capacidade de um método de ensino para desenvolver nos alunos, expostos a um dado conteúdo de programa, uma aprendizagem eficaz, dentro de um intervalo de tempo fixado, numa determinada competência cognitiva*, a "eficiência de aprendizagem" foi medida, nas várias etapas do curso, por *índices ou perfis de desempenho*; determinados através de instrumentos de avaliação específicos para cada competência cognitiva. Tendo como base comum uma programação

didática única, com objetivos clara e precisamente definidos, um mesmo instrumental de avaliação e um contínuo controle experimental através de uma efetiva Coordenação de Curso, os dados obtidos para os vários métodos de competências foram comparados estatisticamente usando a análise de variância acoplada ao método de Tukey para comparação múltipla. Os resultados mostraram, no que se refere a competência de *conhecimento*, a um nível de confiança estatística superior a 95% (probabilidade de acaso inferior a 5%) que o ME é um método mais eficiente no desenvolvimento de aprendizagem que o MG e o MIP. Quanto a compreensão, os resultados não apontaram, ao mesmo nível de confiança, diferenças estatisticamente significativas entre as eficiências dos três métodos comparados. Estes resultados foram interpretados à luz das características do ensino de cada método e de aspectos específicos observados durante sua aplicação no experimento.

Neste trabalho relatamos um experimento onde se processa uma comparação estatística entre as eficiências, exibidas por três modalidades de ensino diferentes, para desenvolver nos alunos de um curso de Física Básica uma efetiva aprendizagem em dois níveis de competências distintos mas complementares, *conhecimento* e compreensão, que correspondem, em sua essência, aos dois primeiros níveis cognitivos na classificação de objetivos de Nedelsky. O experimento envolveu cerca de 500 alunos que cursaram *Introdução à Física* na Universidade de Brasília durante o 1º semestre de 1974 e fogue, deliberadamente, ao tradicional esquema decalcado na comparação de resultados em exame final comum e no grau de aceitação junto aos alunos, determinado através de enquetes ao final do curso. As modalidades de ensino comparadas foram: o método de aulas expositivas, o método de associação

em grupos e o método de instrução personalizada. Os dados experimentais, cuja obtenção será descrita a seguir, foram submetidos a um tratamento estatístico usando-se o método de análise de variância, acoplado ao teste de Tukey. Agrupados em 10 turmas, os alunos foram aleatoriamente distribuídos pelos três métodos de ensino. Utilizou-se uma programação didática comum, previamente elaborada e discutida em conjunto por todos os docentes participantes do curso, a qual foi diferentemente implementada, no que se refere a abordagem e avaliação, como segue:

1. Método de aulas expositivas - exposição de tópicos pelo instrutor; discussões com a classe sobre o tema exposto em geral intercaladas durante a exposição; aulas de problemas, ministradas pelo instrutor, com participação ativa dos alunos; aplicação de testes de avaliação escritos, em datas e sobre conteúdo previamente anunciados;

2. Método de associação em grupos - estudos realizados por pequenos grupos, organizados durante as sessões em classe, onde os participantes seguiam-se mutuamente debatendo temas previamente definidos pela programação do curso (nestes debates o instrutor e/ou os monitores participavam como moderadores); elaboração de relatórios pelos grupos, sob a direção de um dos participantes, escolhido pelo próprio grupo, num sistema de rodízio, os quais abordavam o desenvolvimento das tarefas propostas em função de objetivos pré-estabelecidos; discussões com a participação da classe como um todo, conduzidas pelo instrutor visando estabelecer uma síntese do trabalho dos grupos; aplicação de testes de avaliação, em datas e sobre conteúdo previamente anunciados

3. Método de instrução personalizada - estudo dirigido individual em classe (facultativo, podendo ser feito fora de classe); aplicação, quando solicitado, de teste de avaliação escrito, no caso das atividades de conhecimento, corrigidos pelos monitores em presença do estudante ou de entrevistas estruturadas, no caso da avaliação das atividades de compreensão, havendo em ambos os casos imediata discussão

dos erros cometidos.

Convém mencionar que, para todos os métodos, as avaliações valeram-se de uma ampla bateria comum de testes objetivos e problemas propostos, prévia e cuidadosamente elaborados para explorar adequadamente os objetivos operacionalmente formulados para cada uma das atividades de conhecimento e compreensão em que foram sub-divididas as várias unidades-temas que compunham o programa do curso.

### **CAPTAÇÃO DOS DADOS EXPERIMENTAIS**

No presente experimento o que se desejava obter era, essencialmente, uma indicação da eficiência específica de um método na transformação que se espera decorra do processo de aprendizagem. Assim, era necessário que nos assegurássemos de que cada turma apresentava, basicamente, um mesmo espectro típico de composição inicial, no que dizia respeito a posse de aptidões pelos alunos que dela participavam. Desta forma, nosso estudo se assemelharia àquele do efeito de diferentes operadores agindo sobre um mesmo estado inicial. Para tanto, buscamos de imediato estabelecer indicadores que corroborassem a validade desta hipótese de trabalho. É fácil concluir que se verificada, dever-se-ia observar no conjunto dos alunos e dos dados experimentais, respectivamente:

1. Uma distribuição aleatória em termos de aptidões gerais, comportamentos iniciais, aptidões específicas, motivação, etc, pelas várias turmas do curso;
2. Uma variabilidade entre os resultados médios globais obtidos nas várias turmas onde se aplicou um mesmo método, que fosse compatível com flutuações de caráter estatístico.

A primeira condição, assumida tacitamente devido ao processo aleatório utilizado na composição das turmas, implica em que na composição de cada turma a distribuição percentual de alunos pelos diferentes níveis de capacitação intelectual e habilidades específicas para a aprendizagem da

disciplina a ser ensinada, motivação para o curso, prévia exposição ao conteúdo do curso, etc., seja a mesma, independentemente da turma e do método. A satisfação da segunda condição seria indicativa de que, em que pese a influência exercida sobre a ocorrência de aprendizagem por uma vasta gama de variáveis, um mesmo método induziria sobre uma classe essencialmente o mesmo grau médio de aprendizagem, independentemente de qual fosse a turma na qual se o aplicasse.

A satisfação de nossa hipótese tornou possível afirmar que os resultados médios nas várias turmas são indicadores expressivos do potencial de transformação de cada método. Este aspecto foi de crucial importância em nosso trabalho uma vez que buscávamos analisar comparativamente o desempenho específico de cada um dos métodos de ensino empregados sem o recurso da utilização de turmas de controle. Em resumo, não se pretendia com este experimento a *mera comparação* entre o desempenho global exibido pelos alunos de uma turma submetida a um método (classe experimental), com aquele exibido por alunos não submetidos a ele (classe de controle), um procedimento que tem sido apontado como capaz de permitir a ocorrência de efeitos que podem comprometer a validade do experimento<sup>2,3</sup>. Em verdade, o fato de avaliarmos a aprendizagem dos alunos durante o processo, tornou possível inferirmos, independentemente, a eficiência de transformação (ocorrência de aprendizagem) de cada método e através de análise estatística compará-las entre si.

No sentido em que a utilizamos neste trabalho, a *eficiência* de um método de ensino numa determinada competência cognitiva, representa sua capacidade para induzir, dentro de um *intervalo* de tempo *fixado*, um determinado grau de aprendizagem num conjunto de alunos a ele submetido quando se lhes administra um certo curso. Operacionalmente, esta capacidade poderia ser medida tomando-se o resultado médio global do desempenho dos alunos da turma, em todo o curso. Assim, dados dois métodos A e B, diríamos que A é mais eficiente que B, numa determinada competência cognitiva C, se

$\mu_A^C > \mu_B^C$ . Uma tal caracterização e comparação de eficiências sem uma análise cuidadosa dos resultados parciais seria no mínimo, precipitada, porquanto não levaria em conta a influência de outras variáveis no processo de aprendizagem, as quais, em princípio, podem ter determinado continuas variações na eficiência de um método, como definida acima. Portanto, uma caracterização mais fidedigna da eficiência de um método tem que levar em conta não apenas seu valor como sua variação, a qual é função de uma infinidade de variáveis intra e extra curso, algumas controláveis e outras não<sup>4</sup>. Nessas condições, tornou-se obrigatório um tratamento estatístico adequado aos dados. A formulação que adotamos foi a análise de variância acoplada, para efeito de comparação entre métodos, ao teste de Tukey<sup>5,6</sup>.

Considerando que um método de ensino, para atender às características de um curso de Física Básica, deve necessariamente procurar maximizar tanto o grau de cobertura do programa estabelecido para o curso, dentro do tempo disponível (suposto adequado) como a aprendizagem dos tópicos cobertos, desenvolvemos um esquema que nos permitiu obter para cada unidade-tema, em cada competência cognitiva, índices calculados com base nos resultados das avaliações os quais levaram em conta, adequadamente, as diferenças de ritmo e sistema de avaliação entre os vários métodos. Este esquema consistiu em adotarmos como Índice de desempenho de uma turma de alunos, sob um dado método, numa dada unidade-tema, a média sobre a turma dos resultados nas avaliações (uma só avaliação por tema nas turmas de ritmo uniforme; várias avaliações até atingir desempenho mínimo aceitável no caso das turmas de ritmo próprio) restritos os resultados, entretanto, para efeito de cálculo de média, aqueles conseguidos dentro do intervalo de tempo que ia da primeira à última sessão de aula na unidade correspondente, na turma de aula expositiva. As tabelas I e II apresentam os dados assim obtidos.

MÉTODO	TURMA	A T I V I D A D E S									Mê- dia	0
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Aulas Expositivas	Exp.1	72	76	56	60	54	45	48	62	60	59	10
	Exp.2	70	82	51	61	65	52	57	67	55	62	10
Associação em grupos	AG -1	78	61	45	37	56	57	69	60	0	51	23
	AG -2	70	72	50	52	68	60	55	68	0	55	22
Instrução Personalizada	IP -1	53	66	39	12	46	20	12	12	14	30	21
	IP -2	67	77	60	17	73	39	18	15	19	43	26
Média		68	72	50	40	66	46	43	47	25		
Desvio padrão $\sigma$		8	8	8	21	10	15	23	26	27		

Tab. I - Dados experimentais para a competência *conhecimento*.

MÉTODO	TURMA	A T I V I D A D E S									Mê- dia	0
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Aulas Expositivas	Exp.1	20	32	26	13	49	27	28	17	30	27	10
	Exp.2	47	38	24	21	9	33	9	23	7	23	14
Associação em grupos	AG -1	36	36	15	24	16	12	11	33	0	20	13
	AG -2	28	72	41	31	49	33	33	37	0	36	19
Instrução Personalizada	IP -1	12	51	25	8	27	14	12	14	14	20	13
	IP -2	33	79	43	10	57	31	0	10	5	30	26
Média		29	51	29	18	35	25	16	22	9		
Desvio padrão $\sigma$		12	20	11	9	20	10	12	11	11		

Tab. II - Dados experimentais para a competência *compreensão*.

## ANALISE E RESULTADOS

Os dados das Tabelas I e II foram estatisticamente analisados pelo método já referido, constatando-se através da análise de variância que, conforme apontado a seguir, a hipótese nula, no caso a indistinguibilidade de desempenho entre métodos, foi rejeitada com elevado nível de significância. A tabela III apresenta um resumo dos resultados.

FONTE	VARIANÇA SIGNIFICATIVA?		Nível de significância de rejeição da hipótese nula	
	Conhecimento	compreensão	Conhecimento	Compreensão
Método de Ensino (M)	Sim	Não	**	-
Tema da Unidade (T)	Sim	Sim	**	**
Fator de Réplica (R)	Sim	Sim	**	*
Interação MxT	Sim	Não	**	-
Interação MxR	Sim	Não	*	-
Interação TxR	Não	Não	-	-

Tab. III - Análise de Variância:

(\*): Probabilidade de que o resultado se deva ao acaso  $< 5\%$

(\*\*): Idem, idem  $< 1\%$

Uma vez demonstrada pela análise de variância que os métodos diferiam significativamente entre si, no que dizia respeito à competência conhecimento, usamos o método Tukey para aquilatar a significância dos contrastes estatísticos, com vistas a ordenação dos métodos quanto a sua eficiência.



Como se pode apreciar, esta análise evidencia que, no desenvolvimento de um curso de **Introdução à Física (Mecânica Básica)** em que se observou uma programação única, elaborada com antecedência pela equipe docente do curso, com objetivos clara e precisamente definidos; a aplicação de instrumentos de avaliação, elaborados com antecedência pela equipe docente do curso, comuns a todas as turmas; uma efetiva Coordenação do Curso exercendo continuo controle de atividade e promovendo reuniões semanais com todos os professores ligados à execução do curso:

1) o método de *Aulas Expositivas* com sessões regulares de exposição da teoria e discussão de problemas, é um método *mais eficiente* que os métodos de Instrução Personalizada e de Associação em Grupos, no desenvolvimento da competência cognitiva *conhecimento*, ou seja: habilidades referentes a posse e o relacionamento das informações explicitamente tratadas no curso. Este resultado foi firmemente estabelecido experimentalmente com um nível de confiança estatística superior a 95% (probabilidade de que se deva ao acaso inferior a 5%).

2) não foram detectadas diferenças estatisticamente significantes no que diz respeito à *eficiência* dos três métodos quanto à competência cognitiva compreensão, ou seja: habilidades referentes à utilização de informações em situações com elementos novos.

### **COMENTÁRIOS FINAIS**

Posse e relacionamento de informações veiculadas explicitamente no curso, sobre os vários temas do conteúdo do programa de Física, constituem um primeiro passo básico na capacitação global que se espera desenvolver nos alunos para com a disciplina. Na verdade, a julgar pela estruturação didática prevalecente na maioria absoluta das escolas de 2º Grau esta é, quando muito, a única competência explorada nos vários cursos a que são expostos os alunos antes de ingressarem na Universidade e, ainda assim, com forte influência

*negativa* da freqüente ausência de conhecimentos básicos de tecnologia educacional por parte dos docentes, com sérios reflexos sobre o comportamento de estudo dos alunos, o que os leva freqüentemente a exibir reações negativas quando expostos, na Universidade, a cursos com uma estruturação metodológica mais elaborada. Por isso, repetimos, o desenvolvimento dessa primeira etapa de aprendizagem (*conhecimento*), é muito importante. Básica, importante, sim, mas de modo algum suficiente. A habilitação global numa disciplina requer de forma igualmente importante, o desenvolvimento de habilidades que se relacionem com a utilização das informações já possuídas em situações onde se apresentam novos elementos (*compreensão*). Isto adquire uma importância realmente grande quando consideramos a forte interdisciplinaridade das várias habilitações profissionais desenvolvidas na Universidade, onde os conhecimentos efetivos de Física Básica representam, para muitos cursos, condição *sine qua non* para seu bom desenvolvimento.

Diante do acima exposto assume, pois, caráter de muita importância o resultado obtido em nosso experimento no desenvolvimento da competência *compreensão* onde, a par da indistinguibilidade dos vários métodos para desenvolvê-la, notamos com apreensão a presença de resultados uniformemente baixos em todos eles, em que pese o cuidadoso trabalho de planificação desenvolvido. Urge, pois, que experimentação suplementar seja realizada para determinar, com maior precisão, os agentes mais importantes deste efeito, e aprender como eliminá-los, ou, pelo menos, controlá-los.

#### NOTAS E REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Uma versão mais detalhada do presente trabalho será publicada na Revista Brasileira de Física.
- 2 - J.W.Best, *Research in Education* (Prentice Hall Inc., New Jersey, 2<sup>a</sup> ed., 1970), especialmente o Cap. 6.
- 3 - R.M.W. Travers, ed., *Second Handbook of Research on*

*Teaching* (Rand McNally Coll. Publ. Co., Chicago, 1973),  
especialmente o Cap. II.

- 4 - D.T. Campbell e J.C. Stanley, *Experimental and Quasi  
Experimental Designs for Research* (Rand McNally Coll.  
Publ. Co., 1966).
- 5 - G.V. Glass e J.C. Stanley, *Statistical Methods in Edu-  
cation and Psychology* (Prentice Hall, Inc., New Jersey,  
1970).
- 6 - F. Williams, *Reasoning with Statistics* (Holt, Rinehart  
and Winston, Inc. 1968).