

## **Avaliação de Filmes Didáticos de Física**

E. TASSARA, E. W. HAMBURGER, J. N. B. MORAES, J. ZANETIC,  
M. MURAMATSU, N. GEBARA e V. L. L. SOARES

*Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo SP*

Recebido em 15 de Junho de 1973

An educational experiment to evaluate the teaching **efficiency** of five **short silent films produced** at the *Universidade de São Paulo* is described. The **films** study the properties of the Center of Mass of a system of bodies and are meant for an introductory university physics course. The experiment was **made** with students of science and **engineering** at the *Universidade de São Paulo*, in two stages. Firstly, the films were **tested** alone, outside the teaching system, to establish whether the previously specified objectives had been reached. Secondly, the films were used in class in a **typical** teaching situation. Results were satisfactory.

É descrita uma experiência educacional para avaliar a eficácia didática de cinco filmes mudos de curta duração produzidos na Universidade de São Paulo. Os filmes tratam das propriedades do centro de Massa de um sistema de corpos e se destinam ao curso básico de física nos primeiros anos da universidade. A experiência foi realizada junto a alunos de ciências exatas e engenharia da USP, em duas etapas. Inicialmente os filmes foram testados isolados, fora do sistema de ensino, para verificar se os objetivos previamente estabelecidos foram atingidos. Na segunda etapa os filmes foram utilizados em aula, em situação típica de ensino superior. Os resultados foram satisfatórios.

### **1. Introdução**

Em 1971, o Instituto de Física da Universidade de São Paulo produziu, em colaboração com a Escola de Comunicação e Artes da mesma Universidade, uma série de 5 filmes didáticos mudos, de **curta** duração (4 minutos), abordando o tema *Centro de Massa*<sup>1</sup>. Esses filmes se destinam ao curso básico de física no 1.º ano da Universidade, em nível de livros como o de D. Halliday e R. Resnick ou o de J. Goldemberg.

Os filmes tratam dos seguintes assuntos:

Filme C.M. 1 – Centro de Massa de Sistemas Rígidos – Movimento quando a resultante das forças  $e$  nula.

Filme C.M. 2 – Centro de Massa – Relação entre as formulas matemáticas e os experimentos.

---

\*Endereço: Caixa Postal 20516, 01000 – São Paulo SP.

Filme C.M. 3 – Centro de Massa de Sistemas Rígidos – Movimento quando a resultante das forças externas é constante.

Filme C.M. 4 – Centro de Massa de Sistemas Não Rígidos.

Filme C.M. 5 – Centro de Massa – Explosão e Choque.

O filme C.M. 5 será, a partir de 1973, dividido em dois filmes, um sobre explosão e outro sobre choque.

A experiência pedagógica descrita neste trabalho foi realizada em 1972 no Instituto de Física da USP, em duas etapas: 1) Verificar se os objetivos especificados para cada filme são atingidos quando o filme é utilizado isoladamente; 2) Verificar a eficiência dos filmes numa situação típica de ensino.

Para cada etapa vamos descrever, a seguir, os objetivos, procedimentos, resultados e conclusões da experiência.

## **2. Finalidade da Primeira Etapa da Experiência**

Durante o planejamento e a elaboração dos roteiros dos filmes, tinham sido estabelecidos operacionalmente os objetivos de cada filme da série. Assim, cada cena dos filmes deveria levar o aluno a aprender certas propriedades do Centro de Massa. Para verificar se isso realmente ocorre é necessário que o aluno veja somente o filme, sem ouvir explicações do professor, ler livros ou discutir com colegas.

Se o aluno, que não conhecia um conceito, aprende esse conceito quando exposto somente ao filme, podemos garantir que a aprendizagem se deu por meio do filme. Por outro lado, se o aprendizado não se dá podemos identificar falhas no roteiro ou na execução do filme (ou no esquema de avaliação). Essas falhas, se não puderem ser corrigidas no filme, podem ser contornadas na utilização do filme em sala de aula, se o professor orientar convenientemente a discussão. Isso pode ser conseguido por meio das instruções escritas (Guias) que acompanham o filme.

## **3. Procedimento na Primeira Etapa**

O curso básico de Física do 1.º ano da USP<sup>2</sup> contou, em 1972, com alunos de 5 carreiras: Engenharia (50%), Física (22%), Matemática (9%), Química (11%) e Geologia (8%). Foram sorteados, de um total de aproxima-

damenté 1200 alunos, 120 para a experiência, os quais foram divididos em 3 grupos de 40 alunos cada. A composição percentual, segundo as carreiras, de cada grupo de 40, era a mesma dada acima.

Os grupos I, II e III, foram submetidos durante a experiência às seguintes atividades:

| Grupo | Atividade e Data |                   |
|-------|------------------|-------------------|
|       | 27/5/72          | 10/6/1972         |
| I     | Pré-Teste        | Filme e Pós-Teste |
| II    | —                | Filme e Pós-Teste |
| III   | Pré-Teste        | — Pós-Teste       |

Assim, o grupo II não fez o pré-teste e serviu de controle para verificar a influência do pré-teste. O grupo III fez pré e pós-teste sem ver o filme.

Houve um intervalo de duas semanas entre o pré-teste e o filme e pós-teste para evitar que o cansaço dos alunos influísse no resultado da experiência e também porque os alunos que participaram da experiência não dispunham de outro horário livre comum. Por outro lado, o pós-teste foi feito na mesma manhã em que os alunos viram o filme. A primeira etapa da experiência foi realizada no fim do primeiro semestre de 1972, antes que o assunto Centro de Massa fosse tratado no curso.

Cada filme foi projetado duas vezes consecutivas. Para evitar o cansaço devido aos filmes e ao pós-teste, projetou-se inicialmente os filmes C.M. 1, 2 e 3 duas vezes consecutivas e aplicou-se em seguida a primeira parte do pós-teste (veja apêndice). Após um descanso de aproximadamente 15 minutos, foram projetados os filmes 4 e 5 e aplicada a seguir a segunda parte do pós-teste. A duração de cada filme é, em média, de 4 minutos.

Para testar os objetivos apenas do filme, fora de um sistema de ensino, evitou-se a intervenção do professor através de comentários e discussões com os alunos. Como algumas cenas envolviam detalhes experimentais que precisavam ser explicados, foram elaboradas algumas transparências para retroprojeter e mostradas aos alunos antes da projeção do filme.

O pré-teste e o pós-teste utilizados constaram de 42 questões de múltipla escolha com 5 alternativas. Os dois testes foram idênticos para 38 das 42 questões, havendo modificação de somente 4 questões no pós-teste.

A duração do pré-teste foi de 2 horas e a do pós-teste de 3 horas. O apêndice mostra algumas questões típicas.

As questões foram elaboradas para verificar se os filmes atingiram seus objetivos. Portanto, a diferença entre as médias do grupo I no pós-teste e no pré-teste mede até que ponto os objetivos foram atingidos. Entretanto, há fatores que podem falsear a medida e, por essa razão, foram utilizados os grupos de controle II e III.

Assim, poderia ser que os alunos aprendiam já no pré-teste, antes mesmo de ver o filme. Além disso pode ser que durante o intervalo de 2 semanas entre o pré-teste e projeção dos filmes os alunos aprendiam por terem tido o interesse despertado pelo pré-teste; esse aprendizado poderia ser por estudo em livros, por discussão com colegas, etc. Por outro lado, antes de comparar os resultados dos três grupos é necessário verificar se os grupos são, a priori, equivalentes.

A diferença entre as médias do pós-teste dos grupos I e II indica se o pré-teste ajuda a entender o filme e a responder o pós-teste. A diferença das médias do grupo III entre pós-teste e pré-teste indica quanto os alunos aprenderam graças ao pré-teste e no intervalo de duas semanas, sem ver o filme.

#### 4. Resultados da Primeira Etapa

A Tabela 1 mostra as médias obtidas pelos três grupos no pré-teste; a nota máxima (100% de acerto) é 10,0.

|           | Grupo | Média | Desvio Padrão ( $\sigma$ ) | Desvio Padrão da Média ( $\bar{\sigma}$ ) | N.º de alunos |
|-----------|-------|-------|----------------------------|---|---------------|
| Pré-Teste | I     | 6,49  | 1,61                       | 0,26                                      | 40            |
|           | II    | —     | —                          | —   | —             |
|           | III   | 6,01  | 1,60                       | 0,26                                      | 39            |
| Pós-Teste | I     | 8,01  | 1,05                       | 0,18                                      | 36            |
|           | II    | 7,63  | 1,26                       | 0,23                                      | 31            |
|           | III   | 6,44  | 1,43                       | 0,26                                      | 30            |

Tabela 1 - Resultados dos três grupos no Pré e Pós-Teste

Inicialmente vamos verificar a influência dos fatores citados no item anterior.

#### 4.1. Equivalência entre os Grupos

Para verificar até que ponto os grupos são equivalentes *a priori*, comparamos na Tabela 2 as médias dos alunos dos grupos I, II e III obtidas nas provas da disciplina de Física 1 no 1.º semestre de 1973. São as médias de 6 provas realizadas durante o semestre sobre radioatividade, cinemática e dinâmica. O assunto dos filmes, Centro de Massa, só foi tratado no curso no 2.º semestre.

| Grupo | Média | Desvio Padrão ( $\sigma$ ) | Desvio Padrão da Média ( $\bar{\sigma}$ ) | N.º de alunos |
|-------|-------|----------------------------|---|---------------|
| I     | 6,00  | 0,89                       | 0,14                                      | 38            |
| II    | 6,21  | 1,12                       | 0,18                                      | 40            |
| III   | 5,89  | 1,11                       | 0,18                                      | 40            |

Tabela 2 - Médias das provas da disciplina Física 1 no 2.º semestre de 1972

Aplicamos o *Teste da diferença de duas médias*<sup>3</sup>, ao nível de 95% de certeza, aos dados da Tabela 2 e verificamos que os grupos são equivalentes.

Outra evidência da equivalência dos grupos provém da comparação das médias dos grupos I e II no pré-teste (Tabela 1). Verifica-se que a diferença  $6,49 - 6,01 = 0,48$ , apesar de ser maior do que o desvio padrão da média, não é significativa ao nível de 95%.

#### 4.2. Influência do Pré-Teste e do Intervalo de duas Semanas

A diferença das médias dos grupos I e II no pós-teste,  $8,01 - 7,63 = 0,38$ , indica uma pequena influência do pré-teste que não chega entretanto a ser significativa.

Por outro lado, as médias obtidas pelo grupo III no pré-teste e no pós-teste acusam uma diferença de  $6,44 - 6,01 = 0,43$  que é um pouco maior

do que o desvio padrão da diferença das médias  $\sqrt{(0,26)^2 + (0,26)^2} \cong 0,36$  e não chega a ser significativa ao nível de 95% de certeza.

### 4.3. Influência dos Filmes

Podemos afirmar que a diferença entre as médias dos grupos I e III no pós-teste mede a aprendizagem devida ao filme. Esta diferença  $8,01 - 6,44 = 1,57$  é apreciável e significativa ao nível de 95% de certeza. Após ter visto os filmes, o grupo I sabe mais do que o grupo III, que não viu os filmes.

Outro fato interessante que a Tabela 1 mostra é que após a apresentação do filme não só a média do grupo I aumenta como também o seu desvio padrão diminui de 1,61 para 1,05, enquanto que o grupo III mantém praticamente o seu desvio padrão (varia de 1,60 para 1,43). O grupo II, que também viu o filme, também tem desvio padrão pequeno no pós-teste, 1,26. Assim, os filmes têm também o efeito de homogeneizar o conhecimento e entendimento dos alunos em relação ao assunto abordado.

Até aqui analisamos somente as médias de todas as 42 questões do pós-teste relativas aos cinco filmes em conjunto. Em seguida vamos discutir separadamente as questões de conhecimento e as de entendimento e generalização, segundo a classificação de Nedelsky<sup>4</sup> e além disso vamos identificar as questões relativas a cada filme. O apêndice mostra exemplos de questões das diferentes classes.

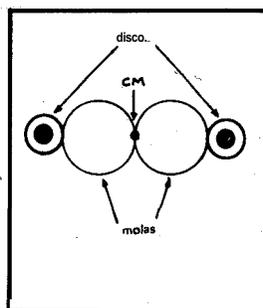
### 4.4. Questões de Conhecimento

A tabela 3 mostra os resultados das 24 questões de conhecimento (cerca de 5 para cada filme), para os grupos I e III. A diferença entre as médias dos dois grupos, é significativa com 95% de certeza para todos os filmes exceto o n.º 4, em que é significativa ao nível de 93%.

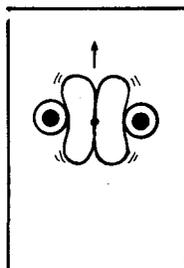
Realmente foi identificada uma falha do filme n.º 4 em base ao resultado do teste. Esse filme estuda o movimento do centro de massa de um sistema de dois discos sem atrito, ligados por molas como mostra a Fig. 1. O sistema é comprimido e é lançado sobre uma mesma plana sem atrito (Fig. 2). O C.M. do sistema se move em movimento **retilíneo** e uniforme mas os discos executam um movimento complicado, com oscilações **perpendiculares** a direção do movimento do C.M. Essa é uma situação particular em que o C.M. sempre coincide com o mesmo ponto material do sistema. No pós-teste havia três questões (n.ºs 26, 27 e 28, v. apêndice) sobre o C.M.

| Filme                                  | C.M. 1         | C.M. 2                | C.M. 3         | C.M. 4                | C.M. 5                |
|--|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| N.º de questões relativas a cada filme | 6              | 4                     | 5              | 5                     | 4                     |
| Média do Grupo I (36 alunos)           | 8,4<br>a = 1,6 | 8,7<br>$\sigma = 1,8$ | 9,2<br>o = 1,8 | 8,8<br>$\sigma = 1,6$ | 9,6<br>$\sigma = 1,1$ |
| Média do Grupo III (30 alunos)         | 7,3<br>a = 2,2 | 7,3<br>a = 2,2        | 7,1<br>o = 2,8 | 7,8<br>$\sigma = 2,7$ | 7,7<br>a = %O         |
| $\Delta$                               | 1,1            | 1,4                   | 2,1            | 1,0                   | 1,9                   |
| $\sigma_{\Delta}$                      | 0,48           | 0,51                  | 0,59           | 0,55                  | 0,41                  |

**Tabela 3 - Pós-Teste – Questões de Conhecimento**

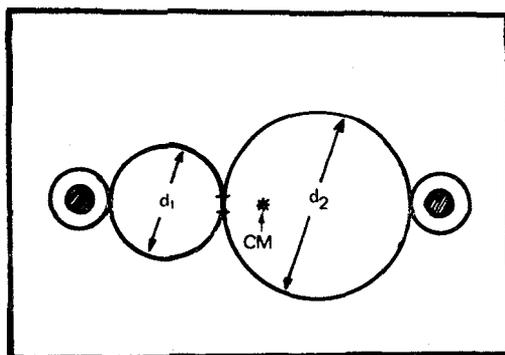


**Figura 1 - O Centro de Massa (C.M.) sempre coincide com o mesmo ponto material do sistema.**



**Figura 2 - O sistema da Fig. 1 é comprimido e impulsionado na direção indicada.**

de um sistema não rígido, mas nessas questões, ao contrário do filme, o C.M. do sistema não coincide com um mesmo ponto material do sistema, mas se desloca dentro do sistema, coincidindo ora com um ponto material, ora com outro. Aparentemente os alunos tinham dificuldade em visualizar isso, e acreditavam que o C.M. sempre coincidia com um mesmo ponto material do sistema. Isto poderá ser corrigido se for adicionado ao filme



**Figura 3** - O Centro de Massa (C.M.) nem sempre coincide com um mesmo ponto material do sistema.

um experimento onde o Centro de Massa nem sempre coincide com um mesmo ponto material do sistema, por exemplo como na Fig. 3. Além disso, o Guia do Filme deve salientar que o C.M. não coincide sempre com um ponto material do sistema.

#### 4.5. Questões de Entendimento:e Generalização

A Tabela 4 dá os resultados de 40 questões do pós-teste, classificadas quanto ao filme a que se referem. As 5 questões de generalização se referem ao conjunto dos filmes. Todos os experimentos da série de filmes foram executados utilizando-se discos metálicos que deslizam sem atrito sobre uma mesa de vidro (pucks). No filme C.M. 1 foram introduzidos desenhos explicativos do funcionamento desses **discos**. Para verificar se esses desenhos estavam claros foram elaboradas questões adicionais no pós-teste. Verificou-se praticamente 100% de acerto nessas questões.

| Filme                                  | Questões de Conhecimento e Entendimento |                       |                       |                       |                       | Questões de Generalização |
|--|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
|  | C.M.1                                   | C.M.2                 | C.M.3                 | C.M.4                 | C.M.5                 | 1, 2, 3, 4 e 5            |
| N.º de questões relativas a cada filme | 8                                       | 5                     | 6                     | 10                    | 6                     | 5                         |
| Média Grupo I                          | 8,0<br>$\sigma = 1,4$                   | 7,8<br>$\sigma = 2,3$ | 9,2<br>$\sigma = 1,6$ | 7,4<br>$\sigma = 2,1$ | 9,1<br>$\sigma = 1,1$ | 7,3<br>a = 2,3            |
| Média Grupo III                        | 7,0<br>$\sigma = 1,7$                   | 7,0<br>$\sigma = 2,1$ | 7,2<br>$\sigma = 2,5$ | 6,4<br>$\sigma = 1,6$ | 6,9<br>$\sigma = 2,2$ | 5,0<br>$\sigma = 2,8$     |
| $\Delta$                               | 1,0                                     | 0,8                   | 2,0                   | 1,0                   | 2,2                   | 2,3                       |
| $\sigma_{\Delta}$                      | 0,39                                    | 0,54                  | 0,53                  | 0,46                  | 0,44                  | 0,63                      |

**Tabela 4** - Questões de Pós-Teste

#### 4.6. Opinião dos Alunos

No fim da primeira etapa da experiência foi aplicado um questionário aos alunos dos grupos I e II (total de 71 alunos) para se ter uma idéia da opinião dos alunos a respeito dos filmes em geral e da experiência. Devemos lembrar que os alunos sorteados compareceram voluntariamente para se submeterem à experiência sem qualquer prejuízo ou benefício na nota de Física e num período sem atividade escolar (sábado de manhã) num ambiente agradável e de muita seriedade. Desse questionário podemos concluir que, na opinião dos alunos, os filmes:

- 1) ajudam a compreender as propriedades do C.M. (85%)
- 2) são bonitos, interessantes e não cansativos (95%)
- 3) devem ser sonorizados para melhor compreensão (20%)

Por outro lado, os alunos se mostraram satisfeitos com a experiência e dispostos a participar de atividades semelhantes envolvendo pesquisas educacionais com a finalidade de melhorar o ensino de física em geral.

Quanto ao desejo de sonorização, devemos lembrar que esses alunos viram os filmes em condições excepcionais em que o professor não dava explicações. As explicações do professor durante ou depois do filme certamente diminuiriam a vontade de sonorização.

## 5. Segunda Etapa da Experiência

### 5.1. Objetivo

Na primeira etapa da experiência procuramos testar cada filme isolado, fora da situação típica de ensino, razão pela qual não foi dado nenhum suporte adicional ao aluno como consulta a livro, discussão com o professor, etc. Nesta segunda etapa testamos a eficiência da série de filmes numa situação típica de ensino.

### 5.2. Procedimento

Do curso básico (1.º ano, 2.º semestre de 1972), foram escolhidas 11 classes (380 alunos – cada classe possui em média 35 alunos) e divididos em 2 grupos: 6 classes experimentais e 5 classes de controle. Posteriormente, uma classe de controle e uma experimental (alunos de geologia e química) não foram considerados por dificuldades técnicas.

Na Tabela 5 estão as médias em Física 1 obtidas pelos alunos de cada grupo na prova final do 1.º semestre de física, junho de 1972, que constava de questões de múltipla escolha. Pela tabela nota-se que os dois grupos são equivalentes.

|                    | Média | N.º de Alunos |
|--------------------|-------|---------------|
| Grupo Experimental | 6,34  | 208           |
| Grupo Controle     | 6,27  | 170           |

Tabela 5 - Média da primeira prova semestral - junho/1972

De acordo com a programação do curso, o tema Centro de Massa foi discutido em meados de agosto/1972, numa aula dupla (100 minutos). A abordagem desse assunto seguiu o livro adotado: Física, vol. 1, de Alonso-Finn, Editora Edgard Blucher Ltda.

Os professores das 11 classes receberam um roteiro de aula indicando os objetivos a atingir, os pontos críticos que deveriam ser ressaltados e os exercícios que deveriam ser discutidos com os alunos. Além disso, para os professores que utilizaram os filmes o roteiro indicava as cenas que deveriam ser discutidas em detalhe. Tanto professores do grupo experi-

mental como do grupo controle abordaram esse assunto através de aula expositiva tradicional. No final da aula todas as 11 classes foram submetidas a um mesmo teste que constava de 10 questões do tipo múltipla escolha sobre o assunto Centro de Massa.

### 5.3. Resultados

Na Tabela 6 estão indicados os resultados do teste. Aplicando o teste da diferença de duas médias notamos que a diferença  $6,35 - 5,85 = 0,5$  é significativa, ao nível de 95%, mesmo levando-se em conta as diferenças individuais entre os professores.

É interessante fazer essa análise separadamente, para diferentes grupos de alunos: Matemática, Física e Engenharia. Na Tabela 7 estão indicadas as médias, os desvios e o número de alunos para cada grupo.

|                    | Média | Desvio Padrão<br>( $\sigma$ ) | Desvio Padrão<br>da Média ( $\bar{\sigma}$ ) | N.º de Alunos |
|--------------------|-------|-------------------------------|--|---------------|
| Grupo Experimental | 6,35  | 1,71                          | 0,13   | 170           |
| Grupo' Controle    | 5,85  | 1,99                          | 0,17   | 134           |

Tabela 6 - Resultado global do teste da segunda etapa

|            | Média do<br>Grupo Exp.  | Média do<br>Grupo Contr. | A    | a,   | N.º de Alunos |
|------------|-------------------------|--------------------------|------|------|---------------|
| Matemática | 6,00<br>a = 1,07        | 5,48<br>a = 1,91         | 0,52 | 0,43 | 85            |
| Física     | 7,17<br>a = 1,31        | 6,0<br>a = 1,82          | 1,17 | 0,48 | 44            |
| Engenharia | 6,40<br>$\sigma = 2,40$ | 5,93<br>a = 2,03         | 0,47 | 0,34 | 175           |

Tab e 7 - Resultado do teste da segunda etapa

Podemos notar da Tabela 7 que a turma de Física do grupo experimental é sensivelmente superior ao grupo de controle após a experiência, embora tenham sido turmas de mesmo grau de conhecimento em Física (as médias

do 1.º semestre em Física do grupo experimental e de controle são respectivamente 6,40 e 6,20). Esse fato já não ocorre com as turmas da Matemática e Engenharia (a diferença entre as médias dos grupos é menor que 0,5 pontos). Isso parece significar que os filmes conseguiram despertar maior interesse nos físicos comparativamente aos seus colegas matemáticos e engenheiros.

É interessante notar ainda que o desvio padrão do grupo experimental é sistematicamente menor do que o do grupo de controle (exceto na Engenharia), confirmando o efeito de homogenização já observado na primeira etapa.

## 6. Conclusões

6.1. Na primeira etapa da experiência, com as variáveis mais significativas controladas, obtivemos resultados claros: de um modo geral, os filmes atingem quase totalmente os objetivos previamente especificados. O índice de acerto ainda não chega a 100%; é cerca de 85% em média, o que entretanto nos parece satisfatório pois os filmes não foram elaborados para serem usados sozinhos mas sim em aula, com discussão, consulta as livros, etc.

6.2. A experiência realizada é um meio eficiente para localizar falhas nos filmes que poderão ser sanadas por modificações dos mesmos ou por explicações nos seus guias.

6.3. Na segunda etapa da experiência, verificamos que dos dois grupos de alunos, de mesmo grau de conhecimento, o grupo experimental submetido ao método tradicional utilizando os filmes sobre C.M. obteve uma média superior ao grupo de controle submetido a aula tradicional apenas. A média baixa obtida pelos grupos (Veja Tabela 6) e a pequena diferença de média (0,5 pontos) entre os mesmos, pode ser devida, pela ordem de importância, aos seguintes fatores:

a) diferenças individuais entre os professores (os roteiros de aula foram insuficientes para padronizar o comportamento dos professores em sala de aula);

b) foi insuficiente o tempo de 100 minutos dedicado a apresentação do assunto "Centro de Massa". Não houve em geral tempo para que os alunos resolvessem muitos exercícios.

6.4. Através de questionário aplicado aos professores, pudemos sentir a utilidade dos filmes na introdução de assunto abstrato como é o caso do tema *Centro de Massa*. Por outro lado, na opinião geral dos alunos (pesquisada através de questionário ao final da primeira etapa da experiência), os filmes ajudam a compreender melhor o assunto, além de despertar maior interesse pelo estudo da Física.

O grupo de produção e avaliação de filmes didáticos do Departamento de Física Experimental do Instituto de Física da U.S.P., em colaboração com a Escola de Comunicação e Artes, foi orientado inicialmente pelo Prof. Albert V. **Baez**, a quem estendemos os nossos melhores agradecimentos. A Profa Maria Amélia Matos, agradecemos a orientação recebida quanto ao método de avaliação. Do planejamento e produção dos cinco filmes sobre Centro de Massa participaram, além dos autores deste trabalho, os srs. Renato **Alves** Neto, Hélio **Guedes** Guimarães e Voanerges do E. S. Brites, na parte técnica mecânica, os srs. Carlos A. **Calil**, Guilherme F. Lisboa e Marcelo **Tassara** (diretor) na parte cinematográfica e Hugo V. **Capelato**, Manoel Robilotta, João André Guillaumon Filho e **Olácio** Dietzsch na parte de física. Um dos autores (Mikiya Muramatsu) agradece o apoio da FAPESP.

### Apêndice

Apresentamos abaixo exemplos de algumas questões do pós-teste aplicado na primeira etapa da experiência. Estão indicados os filmes correspondentes a cada questão e a categoria das mesmas (conhecimento, entendimento ou generalização).

Questões 1 e 2 (Conhecimento – Filme C.M. 1)

Este enunciado refere-se às questões 1 e 2:

Um sistema rígido é constituído por 2 corpos de massas iguais ligados por uma barra conforme mostra a figura 4.

A resultante das forças externas é nula. Esse sistema movimenta-se livremente, sobre uma superfície horizontal sem atrito, após um impulso externo inicial. O impulso inicial é aplicado por um taco de bilhar no ponto P da figura.

1. Podemos afirmar:

- a) O sistema se moverá em translação porque o impulso inicial foi dado sobre o C.M.
- b) O sistema se moverá em rotação e translação porque o impulso inicial foi dado fora do C.M.**
- c) O sistema se moverá em translação e rotação porque o impulso inicial foi dado sobre o C.M.
- d) O sistema se moverá em translação porque o impulso foi dado fora do C.M.
- e) Nenhuma das anteriores

2. A trajetória do C.M. será:

- a) parabólica, qualquer que seja o impulso inicial.
- b) retilínea, qualquer que seja o impulso inicial.
- c) parabólica, somente se o impulso for dado no C.M.**
- d) retilínea, somente se o impulso for dado no C.M.
- e) parabólica ou retilínea, dependendo da direção do impulso inicial.

Questão 13 – (Entendimento – filme C.M. 2)

13. Um sistema é constituído de  $n$  corpos. São conhecidas a massa de cada corpo e a distância de cada massa a um ponto fixo.

Podemos afirmar que:

- a) é possível calcular o vetor de posição do C.M. porque se conhecem as distâncias e as massas.
- b) é possível calcular o módulo do vetor de posição do C.M. porque se conhecem as distâncias e as massas.
- c) é possível calcular o vetor de posição desde que se conheçam as distâncias relativas das massas duas a duas.
- d) não é possível calcular o vetor de posição do C.M. porque não se conhece o referencial.
- e) não é possível calcular o vetor de posição do C.M. porque não se conhece o vetor de posição de cada massa.

Questão 26, 27, 28 (Entendimento – filme C.M. 4)

Este enunciado refere-se as questões 26, 27 e 28.

O boneco da figura 5 tem pescoço e membros deformáveis, feitos de molas. Foi atirado da janela de um edifício e durante a queda seus membros se movem em relação ao corpo. Despreze os efeitos de resistência do ar. Quando o boneco está em equilíbrio o seu C.M. coincide com o ponto U (umbigo).

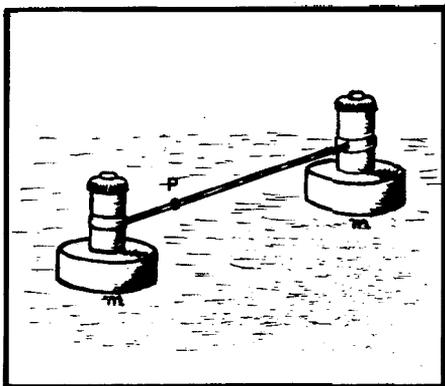


Figura 4

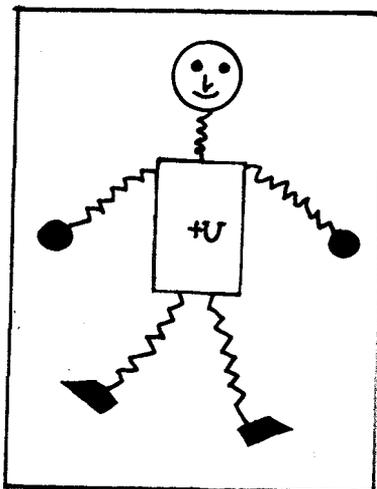


Figura 5

26. Durante a queda, o C.M.:

- a) coincide em cada instante com o ponto U.
- b) sobe em relação ao corpo do boneco de U até a cabeça
- c) desce em relação ao corpo do boneco de U até os pés.
- d) move-se lateralmente até as mãos.
- e) desloca-se em relação a U dependendo do movimento dos membros em relação ao corpo.

27. Durante a queda:

- a) o ponto U tem aceleração constante  $g$ .
- b) o **C.M.** tem aceleração **constante**  $g$ .
- c) somente o **C.M.** e o ponto U têm aceleração constante  $g$ .
- d) todos os pontos do boneco tem aceleração constante  $g$ .
- e) nenhum ponto do boneco, nem o **C.M.**, tem aceleração constante.

28. Quanto a trajetória:

- a) o ponto U tem trajetória parabólica.
- b) o ponto U tem trajetória retilínea.
- c) o **C.M.** tem trajetória parabólica ou retilínea.
- d) o **C.M.** tem trajetória espiralada.
- e) todas as trajetórias são mais complicadas do que parabólica ou retilínea.

Questões **40, 41 e 42** (Generalização – filma **C.M. 1, C.M. 2, C.M. 3, C.M. 4 e C.M. 5**)

40. Um sistema de corpos movimenta-se sob ação de uma força externa constante.

O movimento do **C.M.** desse sistema tem aceleração constante se:

- I – existem ou não forças internas
- II – o sistema é rígido ou não rígido
- III – o sistema explode e os componentes se chocam entre si.

As afirmativas corretas são:

- a) só I
- b) só **II**
- c) só **III**
- d) I e II
- e) todas

41. O centro de massa de um sistema de 5 corpos está em movimento **retilíneo** uniforme.

Podemos afirmar que:

- a) o sistema pode ser um corpo rígido.
- b) o sistema pode ser um corpo não rígido.
- c) pode haver choques internos entre **componentes** do sistema.
- d) pode haver uma explosão no sistema.
- e) todas as afirmativas estão corretas.

42. Retome o enunciado anterior.

A resultante das forças externas que atua no sistema:

- I – é nula
- II – é constante
- III – é variável

- a) só I é correta qualquer que seja o sistema.
- b) só **II** é correta qualquer que seja o sistema.
- c) só **III** é correta qualquer que seja o sistema.

- d) só II é correta se o sistema é não rígido.
- e) só III é correta se o sistema é não rígido.

### **Referências e Notas**

1. Em 1972 foi produzida mais uma série de 5 filmes sobre o tema *Colisões*. Este trabalho, assim como a nova série de filmes sobre *Colisões*, foram apresentados no II Simpósio Nacional de Ensino de Física em Belo Horizonte, Janeiro de 1973.
2. A organização do curso é semelhante a descrita em E. W. Hamburger, Rev. Bras. Fis. **2** 141 (1972). Vide também G. Moscati, *Problemas e Possíveis Soluções para aulas expositivas* e G. Moscati *et al.*, *Interpretação de Resultados de Testes de Múltipla Escolha*, ambos apresentados no II Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte, S.B.F. 1973.
3. Paul G. Hoel – *Estatística Elementar* – Editora Fundo de Cultura Brasil, 1969
4. Leo Nedelsky – *Science Teaching and Testing*, Harcourt, Brace & World, Inc., NewYork/Chicago/San Francisco/Atlanta (1965).

## SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

### 1. DIRETORIA (1973-1975)

Presidente -- Alceu G. de Pinho Filho (PUC-GB)  
Vice-Presidente -- Fernando de Souza Barros (UFRJ)  
Secretário Geral -- Giorgio Moscati (USP)  
Secretário -- Silvestre Ragusa (USP - S. Carlos)  
Tesoureiro -- João André Guillaumon Filho (USP)  
Secr. Ensino -- Marco Antonio Moreira (UFRGS)  
Secr. Ensino, Adjunto -- Luiz Felipe P. Serpa (Fac. Educação UFBA)

### 2. CONSELHO -- Titulares (1973-1977)

Ernst Wolfgang Hamburger (USP)  
Jorge André Swieca (PUC-GB)  
Sergio Machado Rezende (UFPe)  
Beatriz Alvarenga Alvares (ICEX-UFMG)  
José de Lima Acioly (UNB)

### CONSELHO-Suplentes (1973-1975)

Mario Schemberg (São Paulo SP)  
Amélia Império Hamburger (USP)  
Gerhard Jacob (UFRGS)  
Nicim Zagury (PUC-GB)

### 3. SECRETARIAS REGIONAIS

Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná  
Victoria Elnecape Herscovitz (UFRGS)

São Paulo  
Secretaria Geral, C. P. 20553, 01000 -- São Paulo SP

Rio de Janeiro, Guanabara, Espírito Santo  
Suzana de Souza Barros (UFRJ)

Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal  
José de Lima Acioly (UNB)

Minas Gerais  
Francisco Cesar de Sá Barreto (ICEX-UFMG)

Bahia  
Sergio Cavalcante Guerreiro (UFBA)

Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe  
Ivon Palmeira Fittipaldi (UFPe)

Maranhão, Ceará, Piauí  
Homero Lenz Cesar (UFCE)

Pará  
Antonio Gomes de Oliveira (UFPA)

## ENDEREÇOS

- PUC Instituto de Física  
Pontifícia Universidade Católica  
Rua Marquês de São Vicente, 209  
20000 - Rio de Janeiro GB
- UFRJ Instituto de Física  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão  
20000 - Rio de Janeiro GB
- USP Instituto de Física  
Universidade de São Paulo  
Caixa Postal 20516  
01000 - São Paulo SP
- São Carlos Departamento de Física e Ciências dos Materiais  
USP Instituto de Física e Química de São Carlos  
Caixa Postal 359  
13560 - São Carlos SP
- UFRGS Instituto de Física  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Av. Luiz Englert s/n  
90000 - Porto Alegre RS
- UFBa Faculdade de Educação  
Universidade Federal da Bahia  
Avenida Joam Angélica, 183  
40000 - Salvador BA
- UFBa Instituto de Física  
Universidade Federal da Bahia  
Rua Caetano Moura, 123  
Federação  
40000 - Salvador BA
- UFPe Instituto de Física  
Universidade Federal de Pernambuco  
50000 - Recife PE
- UFMG Instituto de Ciências Exactas  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Caixa Postal 1941  
30000 - Belo Horizonte MG
- UNB Instituto de Física  
Universidade Nacional de Brasília  
70000 - Brasília DF
- UFCe Instituto de Física  
Universidade Federal do Ceará  
Caixa Postal 1262  
60000 - Fortaleza CE
- UFPA Programa de Pós-Graduação em Geofísica  
Universidade Federal do Pará  
Núcleo Pioneiro Guamá  
66000 - Belem PA