UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA

UMA ANÁLISE DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA - MECÂNICA

Diomar da Rocha Santos Bittencourt

Dissertação de Mestrado em
Ensino de Ciências (Modalidade Física)
Instituto de Física — Faculdade de Educação

SÃO PAULO
1977

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Ernst Wolfgang Hamburger pela orientação dada a esse trabalho através de inúmeras discussões, críticas e sugestões que permitiram melhorá-lo muito;

aos professores Antonia Rodrigues e Moacyr Ribeiro do Valle Filho e seus alunos pela colaboração no levantamento de dados utilizados no capítulo 3 deste trabalho;

à srta. Maria de Lourdes Luiz pelos serviços de datilografia;

à srta. Janete Vieira Garcia Novo pela datilografia de tabelas e auxílio na revisão datilográfica;

ao sr. Perclides de Oliveira e Edson Augusto Souza Moraes pelos serviços de reprografia;

ao sr. Bruno Manzon pela cuidadosa impressão ;

aos colegas de trabalho do Projeto de Ensino, do Instituto de Física e aos estudantes de pós-graduação em Ensino de Física pela colaboração e incentivo e sem os quais esse trabalho não seria possível.

R E S U M O

É discutido o surgimento de projetos de ensino de Física anteriores ao Projeto de Ensino de Física, principalmente do projeto norte-americano conhecido por PSSC.

Em seguida é descrito e analisado o processo de planejamento, elaboração e difusão do PEF, principalmente de sua parte de Mecânica. São levantados e discutidos alguns problemas que surgiram neste processo.

Finalmente, é feita uma análise do material didático do PEF de Mecânica e, através de uma pesquisa de campo realizada em duas escolas de São Paulo em 1975, levantadas as dificuldades dos alunos na utilização do capítulo 6, "Força, inércia e aceleração". São feitas sugestões para uma futura revisão deste capítulo.

A B S T R A C T

Curriculum development projects in physics are discussed, specially PSSC.

The planning and execution of the Projeto de Ensino de Física (PEF) at the Universidade de São Paulo is described and analyzed. Some difficulties which ocurred are discussed.

The teaching materials of the Mechanics part of this project are analyzed. The difficulties which students encounter in chapter 6 ("Force, inertia and acceleration") are discussed, based on an examination in two schools in São Paulo in 1975. Suggestions for a revision of this chapter are made.

ÍNDICE

I N T R O D U Ç Ã O

Os livros didáticos são, em geral, o fruto de muitos anos de trabalho artesanal e da experiência de um professor ou, às vezes, de um pequeno grupo de professores. Os livros didáticos de Ciências, muitas vezes, se constituem em um texto de leitura acompanhado de uma coleção de exercícios e, eventualmente, de sugestões para a realização de experimentos.

Recentemente, uma nova forma de material didático surgiu, principalmente na área de ensino de Ciências: o projeto de desenvolvimento de currículo ou "projeto de ensino". Diferente de um livro didático, um projeto de ensino é fruto do trabalho de poucos anos de uma equipe grande, constituída não só por professores e especialistas na disciplina específica para a qual se destina, mas podendo contar também com pedagogos, psicólogos, historiadores, sociólogos, etc, bem como pessoal técnico, fotógrafos, cineastas, diagramadores, impressores, etc, além de pessoal administrativo. O projeto de ensino inclui, em geral, além de textos e exercícios para o aluno, materiais para a realização de experimentos e recursos auxiliares constituídos por filmes, diapositivos, fitas gravadas, etc, bem como guias para a aplicação do projeto pelo professor.

Outra distinção importante do projeto de ensino em relação ao simples livro didático é o seu processo de elaboração . Esse processo é caracterizado, em linhas gerais, como por exemplo no caso do Projeto de Ensino de Física que foi elaborado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, por diversas etapas: a primeira delas é a de planejamento, onde são discutidos os objetivos, conteúdos e métodos didáticos do novo currículo e a forma de trabalho da equipe; a segunda é de elaboração da versão preliminar dos materiais didáticos e sua

utilização experimental por alunos e professores; a terceira corresponde à avaliação da versão preliminar com base em sua utilização experimental e à revisão da versão preliminar, o que leva à versão comercial definitiva do projeto de ensino ou, ainda, a uma nova versão preliminar que deverá passar por ensaios experimentais. A quarta e última etapa do processo de elaboração do projeto de ensino é a de elaboração de guias para a utilização do projeto e de cursos de treinamento dos professores.

A finalidade desse trabalho é analisar o Projeto de Ensino de Física. No capítulo 1 são discutidos os projetos de ensino de Física que surgiram no Brasil antes do PEF.

A seguir, no capítulo 2 é feita uma análise do processo de elaboração do PEF; em particular, de sua parte de Mecânica.

Finalmente, no capítulo 3 é feita uma análise do material didático do PEF; especialmente, de seu capítulo "Força, inércia e aceleração".

CAPÍTULO 1- OS ANTECEDENTES DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA

O número de projetos de ensino, principalmente na área de Ciências, tem crescido rapidamente, em todo o mundo, desde o surgimento dos primeiros projetos, em meados da década de 50, nos Estados Unidos[1]*.

No Brasil, durante a década de 60, foram traduzidos e adaptados pelo IBECC (Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura) diversos projetos norte - americanos[2], inclusive o projeto de ensino de Física conhecido por PSSC (Physical Science Study Committee)[3]. Além de traduções, foi elaborado em São Paulo por um grupo internacional de professores organizado pela UNESCO, o Projeto Piloto para o Ensino da Física[4], que teve uma versão em espanhol e outra em português.

A partir de 1969/1970, essa prática de tradução e adaptação de projetos estrangeiros foi progressivamente abandonada[5] em favor da produção local de projetos de ensino, tendo acarretado o surgimento de três projetos de ensino de Física para o 2º grau em São Paulo: o FAI (Física Auto - Instrutivo), o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física) e o PEF (Projeto de Ensino de Física) produzidos respectivamente pelo GETEF (Grupo de Estudos em Tecnologia de Ensino de Física), pela FUNBEC (Fundação Brasileira de Educação e Cultura) e pelo Instituto de Física da USP.

Para se compreender o surgimento dos projetos nacionais de ensino de Física é necessário examinar, mesmo de maneira sucinta, as razões que determinaram o aparecimento do PSSC nos Estados Unidos e a sua posterior introdução no Brasil[6][7].

---

* As notas e referências bibliográficas do capítulo 1 encontram-se na página 9 .

1.1 O SURGIMENTO DO PSSC NOS ESTADOS UNIDOS

O surgimento do PSSC é justificado por seus autores como uma resposta ao crescimento acelerado do conhecimento científico e à indiferença dos cientistas em relação à educação secundária e primária[8] e como uma tentativa de levar ao estudante a visão de que a Física é uma ciência aberta, onde existe muito por fazer, poderosa e coerente, principalmente se voltada para o estudo do átomo[9].

Essas justificativas, que devem ser verdadeiras segundo a visão dos autores do PSSC, entretanto, devem ser colocadas no contexto da sociedade americana da década de 50, caracterizada pelo estado de "guerra fria" com o bloco socialista, em particular com a URSS.

Neste contexto, o lançamento do "Sputnik" em outubro de 1957, além de deixar o mundo perplexo, aumentou a sensação de insegurança nacional dos norte - americanos em relação ao crescente poderio espacial e nuclear dos soviéticos, tendo produzido, entre outros, dois resultados imediatos: a criação de uma agência nacional para atividades espaciais (NASA) e a dotação, pelo senado americano, de verbas vultuosas para a renovação do ensino de Ciências[10].

Dessa maneira, o surgimento de um curso dirigido para a Física Nuclear como o PSSC não deve ser entendido como decorrente apenas da visão particular de Ciência de um grupo de cientistas, mas principalmente como resposta ao crescente poderio nuclear soviético. Aliás, no final da década de 60, durante a nova fase de política internacional de "coexistência pacífica"[11] e arsenais atômicos repletos, em que a energia nuclear passou a ter mais interesse industrial e menos militar, verificou-se nos E.U.A. uma mudança de tendências (e consequente desemprego de muitos fí-

sicos nucleares) para a pesquisa espacial e, mais recentemente, para a Física do estado sólido[12] que, não por coincidência, é a base de tecnologias de vanguarda como telecomunicação e computação.

1.2 A INTRODUÇÃO DO PSSC NO BRASIL

No Brasil, um grupo de pessoas lideradas por I.Raw, com as mesmas preocupações apontadas pelos autores do PSSC como razão de seu surgimento, isto é, o rápido crescimento do conhecimento científico e o descuido por parte dos cientistas dos problemas de ensino de Ciências nas escolas primárias e médias, organizou em 1950 o IBECC - Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura[13].

A decisão do IBECC de traduzir para o português o curso do PSSC é explicada por Raw:"*Não foi certamente porque não dispúnhamos de vinte milhões de dólares para realizar um projeto semelhante, ou porque não contássemos com um grupo de físicos de igual envergadura, ou porque não estivéssemos habituados a ensaiar cientificamente projetos de inovações no ensino que envolvem o futuro de nossa mocidade. Fizemo-lo porque nos convencemos de sua excelência, acompanhando cuidadosamente sua evolução nos Estados Unidos, desde seu início, e realizando alguns testes no Brasil*" [14].

A justificativa pela introdução do PSSC no Brasil, entretanto, não deve ser colocada apenas em termos de sua excelência, mas, em um contexto mais geral, em termos do relacionamento cultural, científico e educacional entre Brasil e Estados Unidos na medida em que, por exemplo, a tradução brasileira do PSSC contou com a colaboração financeira de diversas instituições norte-americanas e sua primeira edição (de 240 000 exemplares) foi feita pela USAID (Missão Norte-Americana de Cooperação Econômic

e Técnica no Brasil) em prol da Aliança para o Progresso[15].

A análise do relacionamento cultural, científico e educacional entre Brasil e E.U.A. foge ao âmbito deste trabalho. Uma análise desse tipo foi feita por Octavio Ianni em seu livro 'Imperialismo e Cultura' (Vozes, Petrópolis, 1976). No capítulo VI (Imperialismo Cultural na América Latina) ele se refere à década de 60, justamente a época de tradução e lançamento do PSSC no Brasil:

"Em 1961, na Conferência de Punta del Este, na qual os Estados Unidos e os países da América Latina coordenaram e adotaram um programa comum, para fazer face às repercussões da vitória do socialismo em Cuba, foi aprovada a Carta de Punta del Este .(...), a Carta de Punta del Este especifica o seguinte quanto ao conjunto dos sistemas nacionais de ensino dos países latino-americanos.

Modernizar e ampliar os meios para o ensino secundário, vocacional, técnico e superior; aumentar a capacidade para a pesquisa pura e aplicada, assim como promover o pessoal habilitado requerido pelas sociedades em rápido desenvolvimento.

Nesse espírito, a referida conferência adotou uma resolução especial, a propósito de um programa decenal para a educação, nos quadros da Aliança Para o Progresso, que os Estados Unidos criou no contexto político, militar e cultural da mesma conferência. Essa resolução aborda questões relativas ao ensino elementar, médio e universitário. Novamente, está em questão a necessidade e a urgência de modernizar o conjunto dos sistemas nacionais de ensino. Trata-se de adequá-los às exigências dos novos programas de crescimento econômico, do aperfeiçoamento da solidariedade interamericana e da construção de uma política cultural de contra-insurreição, em âmbito continental"[16].

A partir da análise de O.Ianni pode-se concluir

que o lançamento do PSSC (e de outros projetos norte-americanos de ensino de Ciências) na América Latina não foi um fato isolado mas parte de uma política educacional decorrente da necessidade de expansão cultural e material do capitalismo e de adaptação às mudanças sociais que vem ocorrendo na América Latina. No Brasil, por exemplo, a industrialização abriu novas perspectivas industriais, comerciais e financeiras, aumentando, consequentemente, a necessidade de pessoal técnico e científico local.

1.3 DIFICULDADES DE UTILIZAÇÃO DO PSSC NO BRASIL

A utilização do PSSC no Brasil começou a gerar uma série de dificuldades e problemas. Durante o 1º Simpósio Nacional de Ensino de Física da SBF(I SNEF), realizado em 1970 em São Paulo, muitos desses problemas e dificuldades foram discutidos, as vezes acaladoramente, pelos críticos e defensores do PSSC[17].

Algumas dessas dificuldades foram as seguintes:

a) Os professores em geral estavam apegados aos programas tradicionais (por razões de tradição, pressão dos vestibulares, etc , e não queriam ou não estavam preparados para ministrar tópicos de Física Moderna[18].

b) Muitos professores passaram a utilizar o PSSC (ou parte dele) apenas como livro de texto sem ministrar o laboratório correspondente (por causas de turmas numerosas, falta de material, tempo de preparar a aula, tradição de ensino livresco ou inabilitação).

c) Não utilização da série de filmes, tanto pela inexistência de projetores e salas de projeção nas escolas,quanto pelos filmes não ter

sido dublados em português e existirem poucas cópias disponíveis em todo o Brasil.

d) O curso do PSSC foi programado para a escola americana, na qual o curso de Física tem apenas um ano de duração e é optativo, sendo frequentado por estudantes de idade de aproximadamente 17 anos, enquanto que o curso de Física do colégio (atual 2º grau) no Brasil era seriado em três anos.

e) O curso de Física do PSSC é difícil para os alunos e, muitas vezes, também para os professores.

Ao final do Simpósio, entre as diversas moções aprovadas estava a seguinte: *"Que sejam concedidas verbas para a implantação de projetos brasileiros de elaboração de textos e material de ensino de Física"*. (19)

Em resumo, a crítica essencial ao PSSC, da qual decorrem as dificuldades enumeradas acima, é a de que, sendo produto de realidade social, econômica e cultural diferente da brasileira, não serve como solução para as escolas brasileiras. Assim, essa solução deve ser procurada no Brasil, pelos próprios brasileiros, o que levou diversos grupos, a partir de 1970, a se engajarem na elaboração de projetos nacionais de ensino de Física.

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 1

1- Lockard,D.,Eighth Report Of The International Clearinghouse On Science And Mathematics Curricular Developments-1972, Science Teaching Center, Univ. of Maryland, USA.

2- Na área de Física o PSSC (Physical Science Study Committee) e o IPS (Introductory Physical Science), na área de Química o CBA (Chemical Bond Approach Committee) e o CHEM-Study(Chemical Educational Material Study), na área de Biologia o BSCS (Biological Sciences Curriculum Study), na área de Matemática o SMSG (School Mathematics Study Group) e na área de Geociências o ESCP (Earth Science Curriculum Project). Também foi tentada a tradução de dois outros projetos na área de Física: o HPP (Harvard Project Physics) e o projeto inglês Nuffield Physics Project.

3- PSSC, Física, parte I, Edart, São Paulo, 1970, pág. 7. O prefácio desse livro apresenta um pequeno histórico do projeto e um resumo do curso. O curso do PSSC também é descrito por Finlay, G.C., Secondary School Physics:The Physical Science Study Committee, American Journal of Physics, volume 28, nº 3, march 1960, pag. 286/293.

4. Podem ser encontradas informações sobre o Projeto Piloto em UNESCO, New trends in physics teaching, vol. 1 (1965/1968),- Paris, pág. 25 a 32 e em UNESCO-IBECC, Física da Luz, Experiências e gráficos, mimeo., São Paulo, 1964. Ver também Carvalho, O ensino de Física na grande São Paulo, tese de doutoramento,FEUSP, São Paulo, 1972, pag. 108 a 118.

5. Em decorrência dessa tendência em favor de projetos nacionais, as discussões sobre a possível tradução e adaptação do

projeto Harvard, que vinham ocorrendo desde 1968 no CECISP (Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo) não foram levadas adiante, acarretando o não lançamento do P. Harvard no Brasil. O projeto inglês Nuffield Physics também não foi traduzido para o português pois quando o IBECC, em 1968, propos sua tradução, recebeu um parecer contrário do prof. J. Goldemberg do Departamento de Física da FFCLUSP que considerou o projeto muito prolixo e não adaptável as condições brasileiras (Carvalho, A.M.P., O ensino da Física...,op.cit.pág. 118/119). Curiosamente, os ingleses tiveram atitude semelhante quando não quiseram adotar o PSSC em suas escolas médias por não considerá-lo pertinente à realidade inglesa (jocosamente,"não quiseram traduzir o PSSC para o inglês").

6. "Desde que foi sentida a necessidade de renovação no ensino - de física, necessidade esta introduzida pelo PSSC, tentativas de adoção de outros projetos foram feitas, com a finalidade de dar ao professor secundário novas opções para seus cursos." Carvalho, A.M.P., O Ensino da Física na Grande São Paulo, op.cit. página 107.

7. "... sua introdução (PSSC) representou uma contribuição apreciável e que serviu de elemento motivador de alguma renovação no ensino da Física no Brasil em ambos os níveis, médio e superior". Caniato, R., Um Projeto Brasileiro Para o Ensino da Física, tese de doutoramento, FFCL de Rio Claro, 1973, pág.19.

8. PSSC, Guia do Professor de Física, vol. 1, FUNBEC e CECISP,S. Paulo, 1967, pág. IX.

9. PSSC, Physical Science Study Committee - A Planning Conference Report, Physics Today, vol. 10, Nº 3, march 1957, pág. 28/29.

10. Jerome Bruner, psicólogo e colaborador do PSSC, comenta esse fato em 1959: " Hoje em dia, muitos americanos já estão conscientes, não apenas das virtudes práticas da educação, como também de seu conteúdo e qualidade - o que ela é e o que deve ser. Vários fatores estão contribuindo para essa tendência. Caminhamos para uma nova era de tecnologia científica, uma segunda revolução industrial, talvez mais drástica do que a primeira, de há um século atrás. Sistemas de controle, automação, novas fontes de energia, novo espaço a explorar - tudo isso tem reavivado o interesse pela natureza de nossas escolas e pelo que nossos jovens nelas aprendem. Indubitavelmente, houve também uma tomada de consciência, nascida de nosso sentimento de segurança nacional ameaçada. As conquistas espaciais da União Soviética, sua capacidade de criar não só armas poderosas, como também uma sociedade industrial eficiente, abalaram a complacência americana a um grau que, olhando para trás, teria parecido inconcebível há dez anos passados".

Bruner, J.S., O Processo da Educação, trad. de L.L. de Oliveira, Cia. Ed. Nacional, São Paulo, 1975, 5a. ed., pag. 70. Esse livro se originou de Conferência de Woods Hole (E.U.A., setembro de 1959), na qual foi discutido como melhorar o ensino de Ciências nas escolas secundárias e primárias americanas, tendo sido participantes dela a maioria dos diretores de projetos de ensino de Ciências (PSSC, SMSG, BSCS, etc).

11. "Uma década passou desde que o Sputnik ajudou a disparar a centelha do primeiro round de desenvolvimento de currículos. Em termos de educação, aquela foi uma geração atrás. O trabalho foi desenvolvido dentro do contexto ideológico daquele tempo que foi, de muitas maneiras, completamente diferente do de hoje".

Holton, G., Project Physics, a report on its aims and current status, The Physics Teacher, vol. 5, No 5, may 1967, pag. 209

12.O IPS (Introductory Physical Science), curso de introdução à Física que teve origem no programa de Física do PSSC e foi elaborado nesse período, é caracteristicamente voltado para a Física dos materiais.

13.PSSC, Física, parte I, op.cit., pág. 5.

14.Idem, ibid.

15.O próprio Raw afirma que a tradução e produção dos materiais do PSSC não teria sido possível "sem o auxílio que nos foi prestado pela Fundação Ford e Fundação Rockefeller,e a colaboração da National Science Foundation e Pan American Union". Idem, pág. 6.

16.Ianni, O., Imperialismo e Cultura, Vozes, Petrópolis, 1976, pág. 45 e 47.

17.Essas discussões ocorreram principalmente nas sessões "Ensino de Física no curso médio" e "Ensino médio-novos currículos.As atas desse simpósio encontram-se em Sociedade Brasileira de Física, Boletim nº 4, Salvador, Bahia, dezembro de 1970. (Ver pag. 11 a 56 e 67 a 99.)

18.No período 1967/1971 foram editados pela EDART aproximadamente 83000 exemplares da parte I do PSSC e apenas 10000 exemplares da parte IV, onde predomina a Física Moderna. Ver Carvalho, op.cit. pag. 30/31.

19.SBF, Boletim nº 4, op.cit., pág. 6.

CAPÍTULO 2 - O PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA - MECÂNICA

O objetivo desse capítulo é analisar o processo de planejamento, elaboração e difusão do PEF; em particular, de sua parte de Mecânica[1]*. Para essa análise foram utilizadas basicamente as informações constantes dos arquivos do Instituto de Física da USP[2], bem como foram consultados os membros da equipe que elaborou o PEF, da qual o autor fez parte.

Para a compreensão desse processo se torna necessário dividí-lo em fases que se iniciam em 1969 com o então chamado "Projeto Inicial" e terminam, em 1975, com a elaboração do "Guia do Professor" e o início da difusão do PEF na rede escolar, como é mostrado no quadro 2-1 (pag.14).

2.1 PRIMEIRA FASE: O "PROJETO INICIAL"

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPE

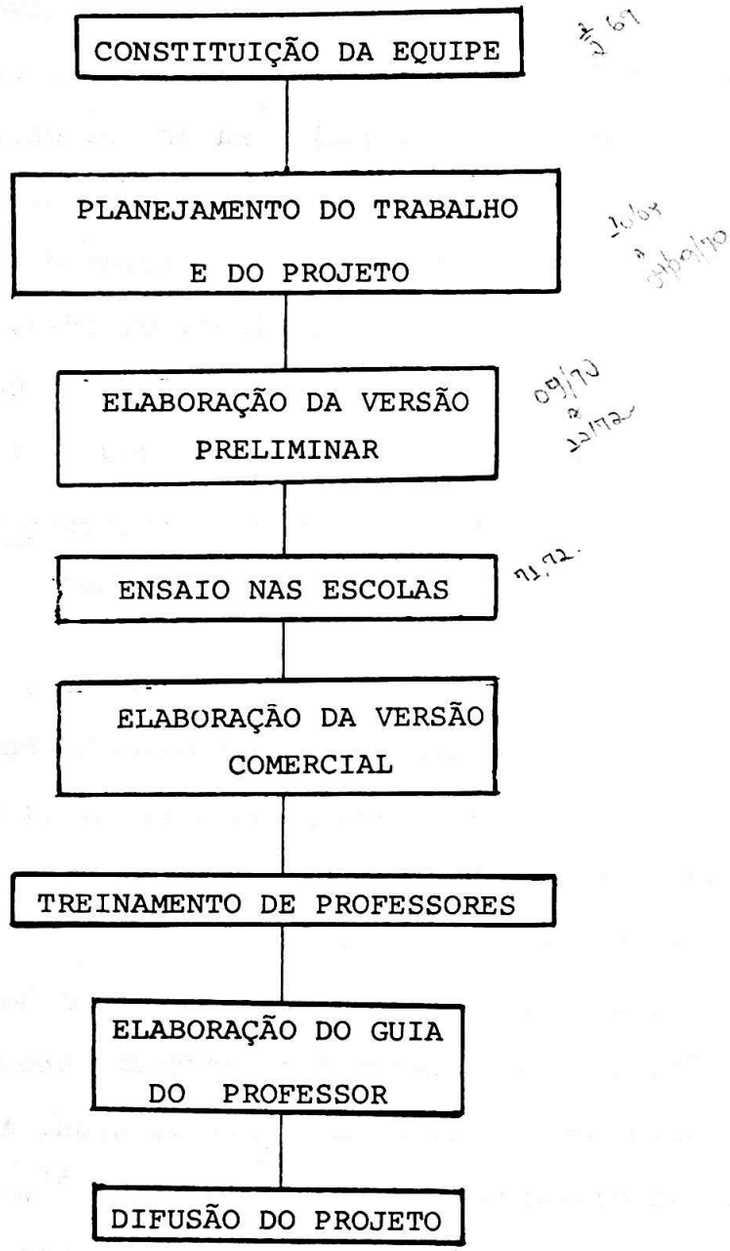
No primeiro semestre de 1969, no Departamento de Física da antiga Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, estavam sendo oferecidos cursos de nível pós-graduado destinados especificamente a licenciados e professores secundários de Física. Em um desses cursos - Tópicos de Física Geral, ministrado pelo prof. Ernst W. Hamburger - um grupo de professores[3] começou a discutir e planejar o desenvolvimento de textos e materiais de ensino de Física para o segundo grau. A partir dessas discussões foi elaborado o "Projeto Inicial"[4], que deveria ser desenvolvido durante seis meses por uma equipe de aproximadamente dez pessoas. Assim, nesse período, essas pessoas grangeariam experiência, formariam o núcleo da equipe e elaborariam o planejamento do projeto maior que envolveria, durante alguns anos, um número maior de pessoas e que se iniciaria em meados de 1970.

O "Projeto Inicial", cujo orçamento era de NCr $ 75500,00, foi submetido como pedido de auxílio em 6/8/69 à

* Notas e referências bibliográficas do capítulo 2: pag.45.

QUADRO 2-1

ESQUEMA DAS DIVERSAS FASES DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA



FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e ao CNPq - Conselho Nacional de Pesquisas, tendo sido indeferido por ambas as instituições.

No "Projeto Inicial" constavam dois itens sobre a finalidade e o método de ensino do curso proposto, que foram incorporados mais tarde pela equipe do Projeto de Ensino de Física; por isso, esses ítens vão transcritos no quadro 2-2 (página 16).

Em abril de 1970, o orçamento do "Projeto Inicial" foi atualizado para NCr$ 135 000,00. Finalmente, graças a verbas especiais (federais) do Instituto de Física da USP - Instituto que, com a Reforma Universitária, englobara os departamentos de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Escola Politécnica e outras escolas, o "Projeto Inicial" pode ser realizado no período de agosto de 1970 a janeiro de 1971[5].

A partir de 10 de agosto de 1970, Ernst W.Hamburger, Plinio U. Meneghini dos Santos, Paulo Alves de Lima, Antonio G. Violin, Hydeia Nakano, Judite F. de Almeida, Jesuina L.A.Pacca e Diomar R.S. Bittencourt passaram a se reunir no IFUSP para trabalhar no "Currículo Nacional", nome dado inicialmente ao Projeto de Ensino de Física.

A equipe do PEF foi constituída inicialmente por um físico nuclear e professor universitário (coordenador) e sete professores universitários e secundários de Física; ao final do trabalho de elaboração dos textos para os alunos, ela estava constituída por dois físicos nucleares e professores universitários (coordenadores) um estudante de Física, dois professores secundários de Física e um de Ciências, oito professores universitários e secundários de Física, além de pessoal de secretaria, oficina, gráfica e programação visual[6].

Em um documento de trabalho elaborado por P.U.M.

QUADRO 2-2

EXTRATO DO "PROJETO INICIAL"

2.1 FINALIDADE DO CURSO A SER DESENVOLVIDO

Pretende-se desenvolver um curso de Física para o 2.º ciclo das escolas secundárias. Atualmente, o curso secundário, no estado de São Paulo, é unificado durante os primeiros dois anos, e a tendência é que essa unificação dos antigos cursos científico, clássico e normal seja efetuada em todos os estados. Assim, o curso de Física deve ser, em sua parte inicial, de interêsse geral, mais formativo do que informativo. O aluno trava conhecimento com o método científico na Física, através do estudo de alguns fenômenos específicos. Do estudo dos fenômenos surgem, são abstraídos, os conceitos fundamentais, tais como energia, quantidade de movimento, etc. Os conceitos são, na medida do possível, descobertos pelo aluno ao realizar experiências e fazer exercícios. Não são "definidos" a priori.

O projeto inicial propõe-se introduzir alguns conceitos fundamentais da mecânica, através de experiências simples como o pêndulo simples, colisões, planos inclinados. Os conceitos são imediatamente aplicados em assuntos de interêsse atual: movimento de satélites e de foguetes, origem da energia solar, etc.

2.2 MÉTODO DE ENSINO

O material de ensino entregue ao aluno deve ser, na medida do possível, completo, de modo que o aluno possa aprender com o mínimo auxílio do professor. Por outro lado, deve estimular a ação do professor, se êste tiver interêsse e tempo. Êsses dois requisitos parecem paradoxais, entretanto, são consequência lógica da grande falta de professôres secundários no Brasil. Não será possível, nos próximos dez anos, treinar número suficiente de professôres secundários de Física para satisfazer às necessidades nacionais. Grande parte dos alunos precisará, portanto, aprender sem auxílio de professor ou com auxílio de professôres sem treino conveniente. Não devemos elaborar curso do tipo do PSSC ou do projeto Nuffield, cursos muito bons, mas que dependem essencialmente da ação de professor bem treinado. O curso deve poder ser usado de modo auto-instrutivo. Por outro lado, seria êrro fazer curso hermético, que tenda a excluir o professor. Por exemplo, não pensamos em adotar a instrução programada no curso todo, mesmo que ela possa ser utilizada em alguns tópicos. O ideal é um curso que provoque o estímulo mútuo do aluno e professor.

O material de ensino deve ser simples e barato. De preferência não deve ser necessário comprar material especial: as experiências devem poder ser feitas com material existente em casa ou que pode ser fàcilmente adquirido, mesmo em pequenas cidades.

Extraído do Boletim nº 4 da SBF, dezembro de 1970 pag. 86 e 87

Santos na época de discussão do "Projeto Inicial" é destacada, em particular, a importância de professores secundários em uma equipe de elaboração de currículos: *"Na preparação do texto é fundamental a presença operante do professor secundário realmente habilitado, o qual deverá ter a palavra final principalmente no tratamento de cada tópico e no nível mínimo a ser considerado. Gostaria de lembrar que o principal motivo do fracasso do PSSC não é o fato de ser um curso estritamente experimental, nem de ser muito prolixo, nem de usar pouca matemática, e nem de tratar apenas de um número selecionado de tópicos, mas sim de ser extremamente difícil, inclusive para os próprios professores"*(7).

A ênfase em conteúdo de Física no PEF é reconhecida pela equipe, o que, entretanto, não deve encaminhar, necessariamente, o aluno a ser um Físico ou professor de Física mas, ao contrário, *"o PEF destina-se aos alunos do curso médio, ou seja, alunos que, em geral, não mais estudarão Física, vencido esse nível. Julgamos assim importante proporcionar ao aluno um contato com assuntos que, com toda probabilidade, não mais serão abordados em sua formação subsequente. Dessa maneira, procuramos levar o aluno a conhecer o método científico através do estudo de alguns fenômenos e conceitos específicos da Física; ele deverá ser capaz de trabalhar com esses conceitos, resolver problemas e realizar experiências simples. Além disso, o texto não se limita à Física Clássica, abordando também aspéctos contemporâneos dessa ciência"*(8).

2.2 SEGUNDA FASE: O PLANEJAMENTO DO TRABALHO

O período de planejamento do novo currículo foi de 10 de agosto a 4 de setembro de 1970; esse período foi relativamente curto porque já tinha havido muitas discussões durante o planajamento do "Projeto Inicial".

Inicialmente foram feitas quatro reuniões para decidir

principalmente sobre a organização do trabalho da equipe, organização, conteúdo, apresentação gráfica do texto, método e forma de trabalho do aluno e do professor. Em seguida, foram realizadas oito reuniões quase que exclusivamente dedicadas à especificação de objetivos da parte de Mecânica do PEF.

2.2.1 ORGANIZAÇÃO, CONTEÚDO E METODOLOGIA DO PEF

As discussões sobre as finalidades e métodos de ensino do futuro projeto de ensino tinham sido iniciadas já na época do "Projeto Inicial". Essas discussões, quando da constituição efetiva da equipe, foram retomadas para o planejamento completo do PEF. Os pontos fundamentais que nortearam as discussões foram:

I- A participação do aluno deveria ser sempre ativa.

II- O material entregue ao aluno deveria ser completo, incluindo textos e material experimental simples e barato. Como corolário, os experimentos de Física propostos deveriam ser realizados por todos os alunos e não serem passíveis de omissão sem prejuízo da sequência.

III- O material deveria ser compreensível pelo aluno, respeitando seus pré-requisitos, habilidades e conhecimentos anteriores.

IV - O objetivo final do curso de Mecânica seria levar o aluno a aprender as leis de conservação de energia e quantidade de movimento, de forma a aplicá-las em problemas e experimentos simples.

Como consequências dessas considerações, chegou-se às seguintes conclusões:

i- O aluno deveria trabalhar com os textos, independentemente da ajuda do professor. Para não se limitar apenas à leitura, o texto deveria ser entremeado de questões, solicitando não só a leitura mas respostas às questões e a realização de cálculos e experimentos.

ii- Os experimentos deveriam ser realizados pelos alunos e não apenas demonstrados, descritos ou sugeridos pelo professor.

iii- O texto deveria ser escrito em uma linguagem simples, direta, coloquial, dirigida para o aluno adolescente e não para o professor.

iv- O conteúdo do projeto não deveria apresentar necessariamente a mesma sequência e os mesmos tópicos de um currículo tradicional, além de dar ênfase à discussão dos conceitos e princípios da Física e não apenas ao fornecimento de fatos e informações.

Foi então decidido que o currículo seria planejado para ser aplicado em quatro semestres letivos de três aulas semanais de quarenta minutos, sendo o primeiro dedicado à Mecânica, o segundo ao Calor e início da Eletricidade, o terceiro à continuação de Eletricidade e o quarto a Ondas e à Estrutura da Matéria [9].

Nessa ocasião havia o consenso de que o novo currículo deveria conter material para um semestre de Mecânica e para um semestre de Física Moderna (Estrutura da Matéria), sendo os outros dois semestres passíveis de mudanças e não definitivos. Achava-se também que um semestre de Mecânica poderia não ser sufi

ciente para o aprendizado do conteúdo mínimo considerado necessário para o prosseguimento do programa, isto é, as leis de conservação de energia e quantidade de movimento.

O curso de Mecânica seria dividido em três partes: na primeira constariam os itens Trajetória, Velocidade, Aceleração e Vetores; na segunda, Força e Campo Gravitacional; e na terceira, Quantidade de Movimento e Energia. Paralelamente, haveria textos suplementares para alunos, ou classes, melhor dotados. Ficou também decidido que o curso seria desenvolvido em fascículos que conteriam, cada um, uma unidade ou assunto.

Para o desenvolvimento dos tópicos citados acima, deveriam ser utilizados os seguintes equipamentos experimentais: pêndulos simples, molas, planos inclinados, "carrinhos" tipo PSSC, balanças simples e, como marcador de tempo, uma clepsidra ou uma ampulheta[10]. Para o caso de experiências mais complexas, demoradas, ou de difícil realização, poderiam ser utilizadas fotografias de múltipla exposição (estroboscópicas).

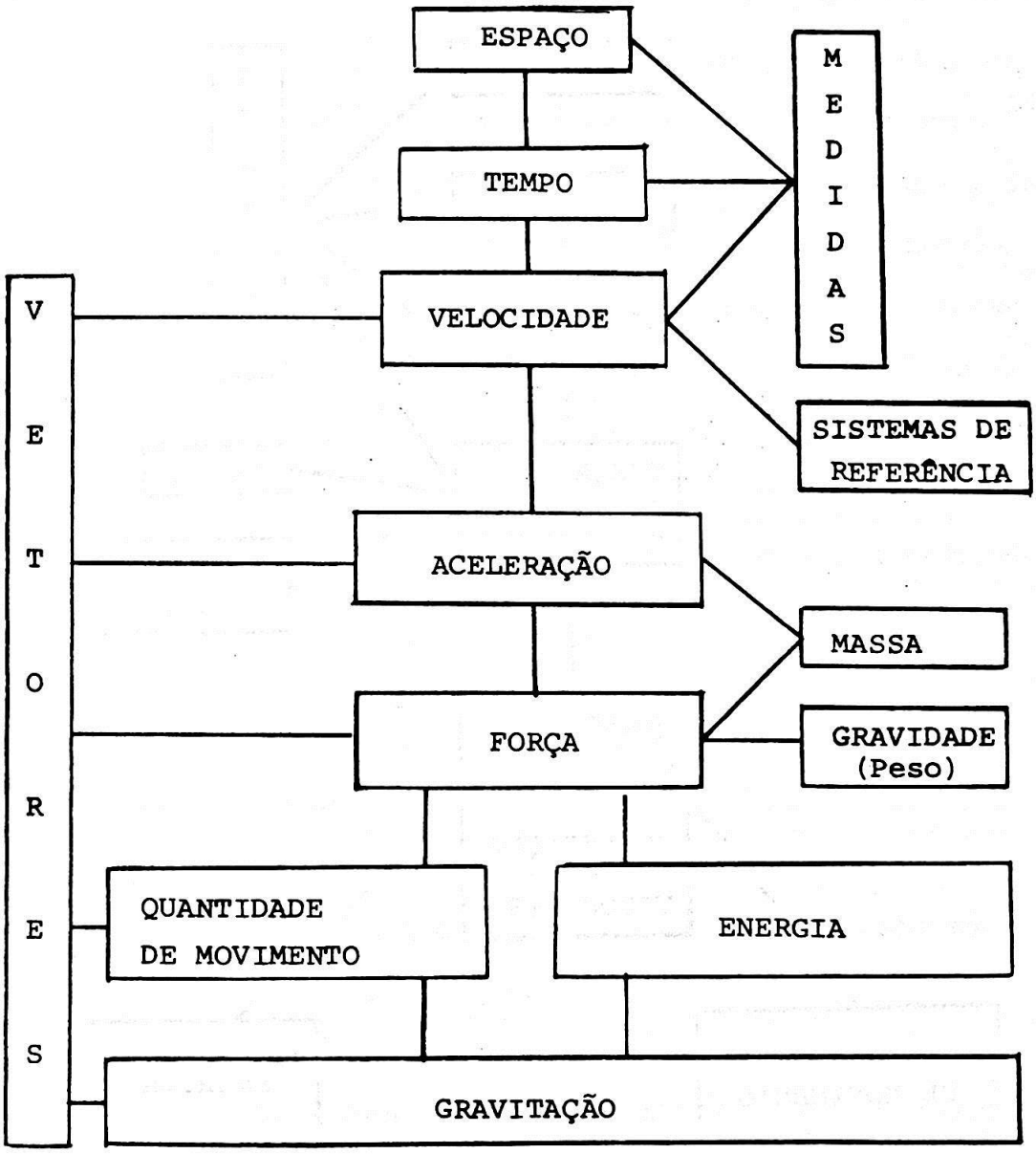
O planejamento inicial do conteúdo e de sua sequência não corresponde necessariamente ao resultado obtido no final do trabalho. Por exemplo, velocidade, aceleração e força deveriam ser introduzidas desde o início como grandezas vetoriais, como pode ser depreendido do quadro 2-3 (pag. 21). No entanto, isso não ocorreu pois na versão comercial, o carácter vetorial dessas grandezas só é apresentado após o seu tratamento escalar, como pode ser visto no quadro 2-4 (pag. 22), onde são mostrados os tópicos e sequências da versão comercial de Mecânica.

2.2.2 OS OBJETIVOS DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA

Os objetivos da educação tem sido temas de discussões e controvérsias entre os educadores[11]. Para Tyler[12], por exemplo, *" a educação é um processo que consiste em modificar os*

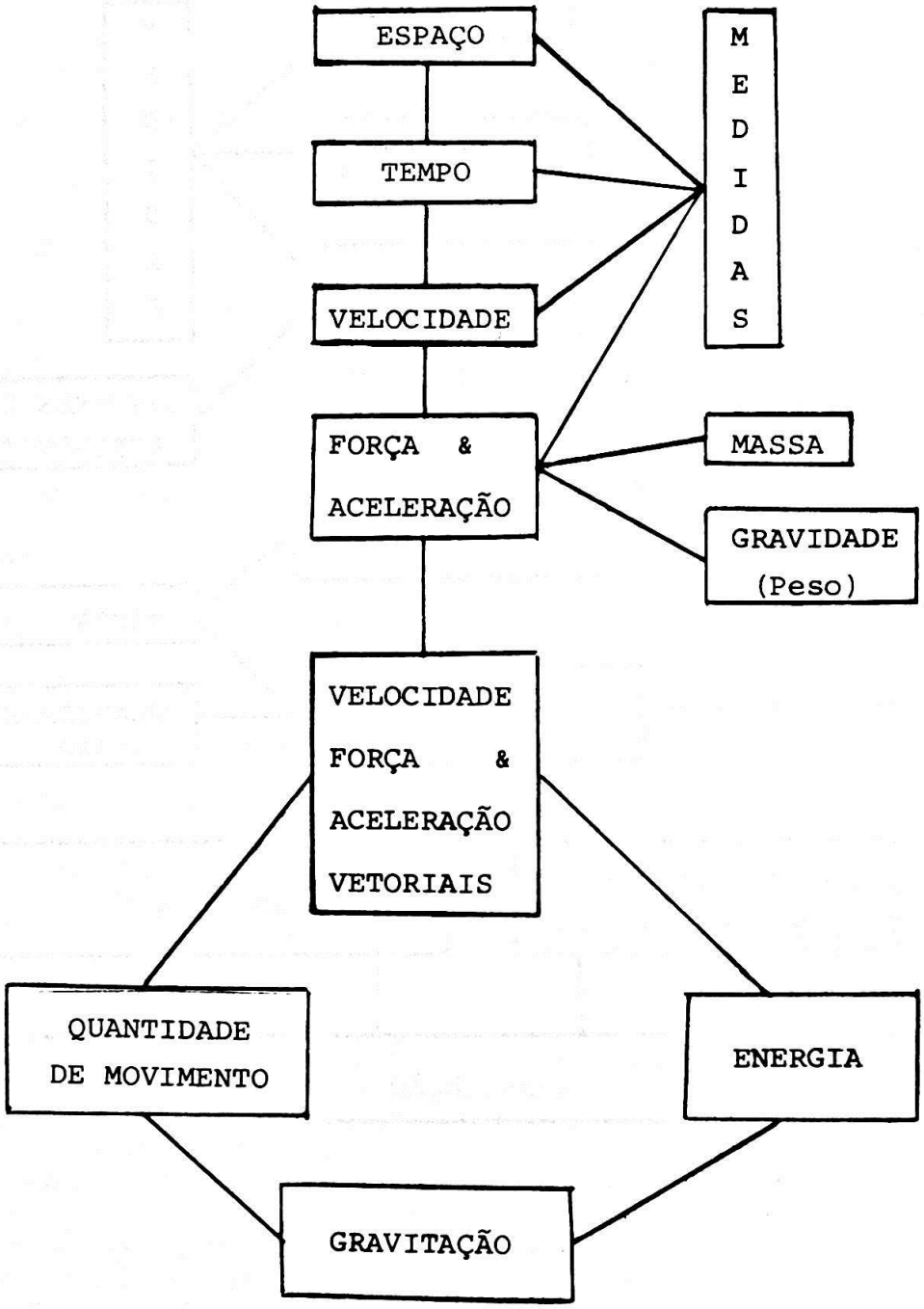
QUADRO 2-3

TÓPICOS E SEQUÊNCIAS PLANEJADOS PARA MECÂNICA



QUADRO 2-4

TÓPICOS E SEQUÊNCIAS DA VERSÃO COMERCIAL DE MECÂNICA



padrões de comportamento das pessoas. Isto é usar a palavra comportamento num sentido lato que inclui pensamento e sentimento, além da ação manifesta". Bloom e colaboradores, nessa mesma linha, entendem *"...por objetivos educacionais formulações explícitas das mudanças que, se espera, ocorram nos alunos mediante o processo educacional; isto é, dos modos como os alunos modificam seu pensamento, seus sentimentos e suas ações*[13]*".* Em contraposição, para Piaget[14], *" educar é adaptar a criança ao meio social adulto, isto é, transformar a constituição psico-biológica do indivíduo em função do conjunto de realidades coletivas às quais a consciência comum atribui algum valor.... Se o pensamento da criança é qualitativamente diferente do nosso, o objetivo principal da educação é compor a razão intelectual e moral... isto é, alcançar no plano intelectual a coerência e a objetividade e no plano moral a reciprocidade."*

As duas posições citadas acima, isto é, a de Tyler e Bloom e a de Piaget colocam, fundamentalmente, duas classes de objetivos educacionais; a primeira delas é caracterizada por objetivos de curto alcance que especificam comportamentos finais que o estudante deve apresentar ao término de um processo de aprendizagem, enquanto que a segunda é caracterizada por objetivos de longo alcance, que envolvem aspirações humanas complexas.

Na época de planejamento do PEF (meados de 1970), a equipe estava ainda bastante influenciada pelo curso de Tecnologia Educacional ministrado no ano anterior por C.Z.Dib, no qual tinha sido discutido o papel de objetivos educacionais em um sistema de instrução[15]. Essa influência foi preponderante na tomada de decisão de que os objetivos do PEF deveriam ser especificados em termos dos comportamentos esperados dos alunos e do conteúdo de Física. Dessa maneira, a equipe acreditava ser possí

vel a avaliação e revisão do PEF antes de seu lançamento comercial, o que não seria possível de realizar para objetivos de longo alcance. Objetivos educacionais de longo alcance, contudo, não deviam ser desconsiderados, principalmente por sua importância para a definição de uma filosofia educacional do currículo.

Além disso, a equipe considerava que a especificação de objetivos em termos comportamentais, por sua especificidade, deveria facilitar a intercomunicação entre seus membros.

Dessa maneira, durante a parte final da fase de planejamento foram feitas as especificações operacionais de objetivos e de tarefas [16] da parte de Mecânica, segundo a taxionomia de Bloom e colaboradores [17]; o procedimento seguido foi o de fazer a especificação do objetivo final e, a partir de uma análise de conteúdo, especificar os objetivos intermediários necessários para atingir o objetivo final. Essas especificações encontram-se no Apêndice A (pag. 92), inseridas nas atas das reuniões de planejamento.

Curiosamente, apesar do acordo tácito dos membros da equipe de trabalhar utilizando os objetivos definidos em termos de comportamento do aluno, uma parte da equipe (os autores de textos) acreditava que objetivos operacionais serviam como forma de se alcançar objetivos mais gerais e que nem todos eles, necessariamente, deveriam ser atingidos plenamente, enquanto outra parte (os revisores) acreditava apenas na importância de objetivos imediatos, que deveriam obrigatoriamente ser atingidos ; isto levou, algumas vezes, a desentendimentos entre membros da equipe.

2.2.3 PRÉ - REQUISITOS DA PARTE DE MECÂNICA DO PEF

Finalmente, depois de discutidos e especificados os objetivos operacionais, a forma e o conteúdo do curso, e antes de iniciar a redação dos textos, foram estabelecidos os pré- re -

quisitos, isto é, os conhecimentos e habilidades que os alunos deveriam possuir para iniciar e acompanhar o curso; esses pré - requisitos seriam o domínio das quatro operações aritméticas e o entendimento de um texto escrito em linguagem coloquial. Os autores acreditavam que a maioria dos alunos que ingressavam no colégio possuiam esses pré-requisitos, mas que não se deveria contar com outros conhecimentos e habilidades relevantes para o aprendizado de Física, além desses.

Uma pesquisa realizada pelo autor em São Paulo em fevereiro de 1975, mostrou que, infelizmente, os autores do PEF se enganaram, pois mesmo esses poucos pré-requisitos não faziam parte do repertório de conhecimentos e habilidades de uma fração grande da amostra pesquisada [18].

2.3 TERCEIRA FASE: A VERSÃO PRELIMINAR

A versão preliminar da parte de Mecânica do PEF foi produzida no período de setembro de 1970 a dezembro de 1972. Uma característica importante da produção da versão preliminar foi ter sido ensaiada em escolas nos anos letivos de 1971 e 1972, à medida que os textos ficavam prontos, por alunos regulares, em aulas ministradas por seus próprios professores.

A forma de elaboração dos textos da versão preliminar foi a seguinte: inicialmente, os objetivos e a forma do capítulo a ser escrito eram novamente discutidos, de maneira mais detalhada que durante o período de planejamento inicial do trabalho. Em seguida, passavam todos a escrever e discutir o novo texto; nesse processo, que ocorreu principalmente na elaboração dos primeiros capítulos, começou a haver na equipe uma divisão em autores de textos , revisores, elaboradores de material experimental e de experimentos, etc, que se manteve praticamente - constante até o final do trabalho.

A versão preliminar de Mecânica consta de oito capítulos impressos em "off set" pela gráfica do IFUSP[19] e de três capítulos mimeografados . Esses capítulos são denominados por:

1- Órbita de um satélite

2- Medidas de espaço

3- Medidas de tempo

4- Movimento

5- Movimento e forças

6- Grandezas vetoriais

7- Força e aceleração

8- Quantidade de movimento

9- Energia e trabalho

11- Conservação de energia

12- Gravitação

A versão preliminar nunca possuiu um capítulo 10, pois o término de sua elaboração coincidiu com a elaboração da versão comercial, o que levou a uma confusão de numeração.

As épocas de elaboração dos capítulos da versão preliminar foram as seguintes:

setembro a dezembro de 1970-capítulos 1,2,3 e início do capítulo 4;

1971 - revisões dos capítulos 1,2 e 3 e capítulos 4 e 5;

1972 - capítulos 6,7,8,9,11 e 12.

Os capítulos 9,11 e 12 da versão preliminar, foram aprontados no final do ano letivo de 1972, não tendo sido ensaiados nos colegios.

2.4 QUARTA FASE: O ENSAIO NAS ESCOLAS

No período de setembro a outubro de 1970, a equipe de Mecânica do PEF tinha elaborado a primeira versão preliminar dos capítulos 1,2 e 3 (Órbita de um satélite, Medidas de espaço e Medidas de tempo) e iniciava a elaboração do capítulo 4 (Movimento).

Pensava-se, nessa época, ensaiar uma versão preliminar do PEF em diversas escolas no ano de 1971, pois a equipe acreditava que havia necessidade de ensaiar e avaliar qualquer material educacional antes de sua produção comercial[20]. A decisão de ensaiar o material quase simultaneamente à sua elaboração foi tomada no sentido de obter uma realimentação rápida para o próprio processo de elaboração do projeto, bem como garantir a adequação do material produzido tanto aos alunos quanto aos professores de nossas escolas.

A equipe, entretanto, não estava ainda perfeitamente segura da qualidade do material que vinha produzindo e achava conveniente, antes de se aventurar em um ensaio que envolvesse um número grande de alunos, professores e escolas durante todo um período letivo, realizar um ensaio menor, em apenas uma escola e em curto espaço de tempo, para verificar a viabilidade de aplicação do PEF.

A oportunidade de realizar esse ensaio menor surgiu através de um colega, Luiz Murillo Mantovani, que ainda não fazia parte da equipe, e que concordou em fazer o ensaio com seus alunos da antiga quarta série do ginásio estadual (agora oitava série do 1º grau) de Vila Barcelona, em São Caetano do Sul, nos dias 8 e 12 de novembro de 1970.

Especificamente para esse ensaio foi produzida uma impressão 'multhlit' dos três capítulos com um total de 16 - páginas, e dez protótipos do "cronômetro de areia", que foram fabricados pela FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento

do Ensino de Ciências).

Os resultados do ensaio em Vila Barcelona foram considerados bastante satisfatórios pelos membros da equipe,que sentiram serem basicamente corretas as premissas que vinham norteando a elaboração do material, além de terem se convencido ainda mais da necessidade de ensaiar o material produzido com alunos regulares em suas próprias escolas. Dessa maneira, finalmente foi tomada a decisão de ensaiar o PEF durante todo um ano letivo em diversas escolas.

Assim, para o ano letivo de 1971, Luiz Murillo Mantovani, que passou a integrar a equipe com a função de organizar o ensaio, selecionou e visitou cerca de quinze colégios. Em dez desses colégios o diretor e o professor de Física interessaram-se em aplicar a versão preliminar do PEF. Além desses, dois colégios em que dois integrantes da equipe ministravam aulas também seriam utilizados para o ensaio [21].

Para o ensaio durante o ano letivo de 1971, os capítulos 1,2 e 3 foram revistos ainda no final de 1970 e suas novas versões impressas no início de março de 1971, além de serem construídos aproximadamente duas centenas de protótipos do conjunto experimental de Mecânica (cronômetro de areia, pista de rolamento de uma bolinha, mola de aço, arruelas e régua de vinil).Durante 1971 ainda foram impressas as versões preliminares dos capítulos 4 e 5. Assim foram ensaiados, em todos os colégios, os capítulos 1 a 5 sendo que algumas classes tiveram que aguardar os textos dos capítulos 4 e 5, pois o rítmo de produção da equipe não foi suficiente para acompanhar essas classes.

Em 1972, o ensaio da versão preliminar continuou em seis colégios. Durante o ano foram impressos os capítulos 6,7 e 8, que foram utilizados pelas classes do ano anterior. Para as novas classes que iniciavam a utilização do PEF, foram reimpres-

sos os capítulos de 1 a 5. O problema de atraso de material ainda persistiu em 1972 para as classes mais adiantadas.

Como decorrência da aplicação da versão preliminar de Mecânica durante esses dois anos e da avaliação dos resultados obtidos foi possível proceder a revisão do curso e preparar a primeira edição comercial do projeto, como é visto a seguir.

2.5 QUINTA FASE: A AVALIAÇÃO DA VERSÃO PRELIMINAR DO PEF

O termo avaliação usualmente tem várias acepções: a determinação da valia ou do valor, a apreciação, a estimação, a análise, etc. Em relação a um projeto de ensino, a equipe entendeu a avaliação como um processo de julgamento de material educacional baseado em dados quantitativos e qualitativos, tendo as seguintes finalidades:

a) levantar dados para a revisão do texto e do material experimental;

b) determinar as condições de aplicação do PEF;

c) conhecer as opiniões de professores e alunos sobre o PEF;

d) determinar as dificuldades dos professores em relação à utilização do PEF[22].

Para proceder a avaliação, os dados seriam coletados das seguintes maneiras:

a) leitura das respostas dadas pelos alunos às questões do texto;

b) desempenho dos alunos em provas preparadas pela equipe;

c) discussões em reuniões mensais dos professores aplicadores com os membros da equipe;

d) observações feitas pelos professores da equipe que aplicariam o PEF em suas próprias escolas de 2º grau;

e) preenchimento de um diário de classe (do PEF) pelos professores;

f) "opinionários" para alunos e professores.

Uma das características mais importantes do processo de elaboração do Projeto de Ensino de Física foi o fato de passar por uma avaliação contínua do material produzido, em uma situação real, com alunos em suas próprias escolas e com seus próprios professores. Entretanto, quando hoje se procura analisar essa avaliação encontra-se dificuldades quase intransponíveis: a perda de muitos dos dados obtidos e a falta de conclusões escritas da equipe, sobre os resultados da avaliação. Isso ocorreu porque a equipe se preocupava apenas em discutir os dados obtidos com a aplicação e chegar a uma conclusão do que deveria ser modificado no PEF, tanto na parte já aplicada como no planejamento do material ainda a ser produzido, o que passava a ser imediatamente incorporado pela equipe.

É verdade que através dos arquivos do PEF e das lembranças dos integrantes da equipe pode-se reconstruir como foi organizada essa avaliação, em quais colégios o PEF foi aplicado, quais foram os professores aplicadores e, através da comparação da versão preliminar com a versão comercial, verificar o que resultou dessa avaliação; contudo, poucas informações restaram sobre o processo dessa avaliação. Por isso, o autor recolheu os elementos ainda existentes e elaborou um relatório sobre a avaliação da versão preliminar do PEF, que se encontra reproduzido no Apêndice B (pag. 98).

As conclusões sobre as avaliações dos ensaios realizados em V. Barcelona (novembro,1970) e na Grande São Paulo

(1971 e 1972), foram as seguintes:

1- As condições das escolas, apesar de não serem ideais, permitem a aplicação do PEF.

2- A receptividade dos alunos e professores em relação ao PEF foi boa, em geral.

3- As dificuldades dos professores para a aplicação do PEF, inclusive aquelas oriundas apenas de deficiências do texto, indicam a necessidade de elaboração de um guia para os professores, além de, possivelmente, a realização de cursos de treinamento de professores.

4- Os textos deveriam ser revistos nos pontos que causaram dúvidas e dificuldades aos alunos.

Depois do ensaio dos capítulos 1,2 e 3 em Vila Barcelona, foi consultado o artista gráfico e professor de comunicação visual Flávio Império, sobre a apresentação gráfica do PEF, pois a equipe acreditava, com base em outros ensaios de materiais educacionais[23], que a apresentação gráfica de um texto tem mais importância do que lhe é usualmente atribuída pelos educadores. A opinião do artista foi de que, apesar de o texto do PEF ter uma apresentação gráfica superior à média dos textos impressos na USP naquela época, essa apresentação poderia se tornar cansativa na utilização a longo prazo dos textos; dessa forma recomendou que fizesse parte da equipe do PEF um especialista em comunicação visual, que se encarregasse da programação visual dos textos.

A recomendação foi aceita e, por sugestão do próprio F. Império, contratato o então estudante da FAUUSP, Antonio Carlos Carvalho Ferreira. Mais tarde, A.C.C.Ferreira foi substituído por Carlos E. Alonso e colaboradores.

2.6 SEXTA FASE: A VERSÃO COMERCIAL

O problema de produzir e distribuir comercialmente o PEF vinha sendo discutido pela equipe, de maneira informal, praticamente desde a fase inicial do trabalho. Alguns contatos iniciais e informais com algumas editoras já tinham ocorrido quando a profa. Rachel Gevertz, que já conhecia o PEF, organizou um encontro do coordenador do projeto, E.W.Hamburger, com alguns funcionários e assessores da FENAME - Fundação Nacional de Material Escolar - , entre os quais a Sra. Raimunda Rodrigues, que desejavam conhecer o material didático que estava sendo desenvolvido em São Paulo e, em particular, no IFUSP[24]. Realizada em 17/5/71, essa reunião marcou o início dos entendimentos com a FENAME, que levaram à realização de um convênio em 22/12/71 entre a citada fundação e o IFUSP para a produção e distribuição dos textos e conjuntos experimentais do Projeto de Ensino de Física[25].

Os membros da equipe do PEF, quando ficaram sabendo do interesse da FENAME, ainda na fase inicial de negociações, não se mostraram entusiasmados pois consideravam que, apesar do fator altamente positivo da FENAME ser uma entidade do MEC sem finalidades lucrativas e de possuir postos de distribuições em recantos remotos do Brasil, faltava-lhe experiência na produção de livros didáticos de textos e de material experimental, além de não possuir uma política atuante de divulgação, agravada ainda mais pela limitação de venda de seus produtos apenas em seus postos de distribuição, que se localizam apenas em lgumas cidades.

Além disso, quando da elaboração do convênio, a pe considerou inconveniente a cláusula de cessão integral reitos autorais do PEF à FENAME, pois entendia que o IFUSP ceder apenas o direito comercial por um número limitado

de anos ou de edições, guardando para si o direito de proceder a modificações e revisões do PEF e de negociar edições.

Como decorrência do convênio, que estipulava que o IFUSP se comprometia a entregar os protótipos dos conjuntos experimentais, os textos acompanhados das ilustrações em arte final e dos bonecos de diagramação, a equipe de Mecânica foi reorganizada no início de 1972: uma parte continuou a produzir a versão preliminar da parte final do curso, que ainda seria testada nas escolas em 1972, enquanto que outra parte se dedicou à versão comercial e uma terceira à revisão da ambas as versões. Com essa reorganização, a equipe de Mecânica foi ampliada por Antonia Rodrigues, que fora um dos professores aplicadores do PEF em 1971, Ettore Michele di San Filli Bottini e João Baptista Novelli Jr.- programadores visuais-, José Augusto Machado Calil e Washington Mazolla Racy - fotógrafos-, Claudio Renato Weber Abramo - revisor de linguagem-, Janete Vieira Garcia Novo- secretária, além de Luiz Murillo Mantovani, que em 1971 coordenara o ensaio nas escolas, passou a fazer parte da equipe de autores.

Além das pessoas que integravam a equipe do PEF, foi contratado o arquiteto e desenhista industrial Alessandro Ventura, para efetuar um novo desenho do material experimental de Mecânica a fim de torná-lo compatível com a produção industrial.

Assim, depois de reorganizada a forma de trabalho, foi produzida a versão comercial da parte de Mecânica, dividida em duas coleções de seis fascículos cada uma e denominadas "Mecânica 1" e "Mecânica 2" e um conjunto experimental.

Em relação à versão preliminar as modificações mais importantes que ocorreram foram a inclusão de leituras suplementares em quase todos os capítulos, com o objetivo de ilustrar o aluno em outros campos da Física e suas aplicações; o aumento do número de exercícios; a reformulação quase total do tratamen-

to do tema Velocidade Instantânea, o tratamento conjunto e interdependente de Força, Princípio da Inércia e Aceleração que fora tentado sem êxito na elaboração da versão preliminar; a colocação da Segunda Lei de Newton primeiramente de forma escalar e de Grandezas Vetoriais imediatamente antes de Quantidade de Movimento. Os capítulos sobre Energia(10 e 11) e Gravitação (12) não tiveram uma versão preliminar ensaiada nas escolas; suas versões comerciais foram produzidas diretamente.

Quanto ao conjunto experimental, o cronômetro de areia de madeira foi substituído por um metálico, mais apropriado para a fabricação em grande escala. A calha metálica de 2m para rolamento de esferas de aço foi encurtada para 1m; para diminuir o atrito, a pista da calha de alumínio foi recoberta por lâminas de aço duro. A fixação do aço no alumínio é um dos maiores problemas do atual conjunto experimental de Mecânica, devido à ocorrência de descolamentos.

Segundo o convênio, os prazos de entrega dos textos e ilustrações de Mecânica 1 e 2, acompanhados dos bonecos de diagramação e de protótipos do conjunto experimental de Mecânica acompanhados de suas plantas e especificações seriam junho e dezembro de 1972, respectivamente. Os protótipos do conjunto experimental de Mecânica foram entregues em 4/8/72, Mecânica 1 em 15/9/72, Mecânica 2 em 20/8/73 (posteriormente, devido ao número de páginas de cada caderno de impressão ser necessariamente múltiplo de 8, foram produzidas mais duas páginas para o capítulo 8 e quatro para o capítulo 10, que foram entregues em novembro de 1973).

A impressão dos textos e produção dos conjuntos experimentais demoraram mais que o previsto; a FENAME colocou à venda em seus postos de distribuição as coleções de Mecânica (1 e 2) e o conjunto experimental correspondente somente em ju -

lho e agosto de 1974. Esses atrasos, tanto do IFUSP quanto da FENAME ocorreram pelas seguintes razões:

—Os prazos estabelecidos em dezembro de 1971 não eram realistas. Até essa época tinham sido produzidos cinco capítulos da versão preliminar em um total de 71 páginas, o que dava em média, três meses de elaboração para um capítulo de 14 páginas. Nesse rítmo, a versão preliminar da segunda parte de Mecânica, levaria ainda aproximadamente 15 meses para ser elaborada e seria difícil entregar a versão comercial em dezembro de 1972, conforme combinado.

—O número de páginas previsto para os dois volumes foi 200, um número subestimado que, na verdade, chegou a 302.

Quanto à FENAME, a principal razão do atraso foi a sua inexperiência em produzir material experimental especial, já que sua produção e distribuição, até então, se limitava a material escolar simples (dicionários, atlas, cadernos, lápis, borrachas, canetas, fichários, etc). Além disso, o PEF não é um livro de produção gráfica simples, o que acarretou naturalmente um tempo maior para a sua produção.

2.7 SÉTIMA FASE: O TREINAMENTO DE PROFESSORES

Praticamente desde o início do projeto, os membros da equipe acreditavam na importância e necessidade de serem ministrados cursos intensivos de férias para divulgação da filosofia, objetivos e maneira de aplicar o PEF. Um dos coordenadores, entretanto, acreditava que esses cursos não seriam necessários e seus objetivos poderiam ser atingidos através de um "guia do professor" que, como estava praticamente estabelecido, seria produzido quando fossem terminados os textos para os alunos. A custa de muita discussão e com o argumento final de que o guia do professor só seria efetivo se fosse produzido a partir

da experiência com os próprios professores em cursos de férias, foi tomada a decisão de ministrar esses cursos a partir de janeiro de 73, e nos períodos seguintes de férias, em diversas cidades brasileiras.

Esses cursos foram organizados da seguinte maneira: sua duração era de uma semana (40 horas) cada um e dedicado a uma das quatro partes do PEF, Mecânica 1 e 2, Eletricidade e Eletromagnetismo. Algumas vezes os professores tiveram a oportunidade de seguir os quatro cursos (160 horas) em um período de férias, em outras puderam seguir dois cursos (80 horas), e na maior parte delas, apenas um. Esses cursos foram patrocinados pelo PREMEN quando realizados fora de São Paulo e pelo IFUSP, quando em São Paulo,e tiveram a colaboração de diversos Centros de Treinamento de Professores de Ciências e Faculdades de Filosofia, que cederam suas instalações e facilidades, como mostra o quadro 2-5 (pag.37).

A motivação para programar o início dos cursos de treinamento no começo de 1973 e, portanto, iniciar seus planejamentos em meados de 1972 era a perspectiva de que o primeiro volume do projeto deveria estar à venda no início de 1973.

Já nessa ocasião a equipe tinha consciência da insatisfação que muitos professores sentem ao serem colocados diante de uma inovação que os agrade e que não possam utilizar em suas salas de aula; nessa condição, muitas vezes, o curso de treinamento pode ser desestimulador e contraproducente.

Com as subsequentes perspectivas de que Mecânica 1 fosse lançada no segundo semestre de 1973 e, depois, no início de 1974, os cursos foram sendo ministrados baseados na versão preliminar, o que não agradava absolutamente a equipe; isso ocorreu porque os cursos de treinamento eram marcados com antecedência de meses e sempre se contava com a possibilidade da edição

QUADRO 2-5

CURSOS DE TREINAMENTO DE PROFESSORES-PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA-MECÂNICA

JANEIRO E FEVEREIRO DE 1973

LOCALIDADE	PROFESSOR	PATROCINADORES	DATA	PARTICIPANTES
Belo Horizonte	Paulo A. Lima	PREMEN-CECIMIG	22/1 à 26/1/73	23
Guanabara	Hideya Nakano	" -CECIGUA	15/1 à 19/1/73	30
Porto Alegre	Antonio G.Violin	" -CECIRS	22/1 à 26/1/73	29
Recife	Plinio U.M.dos Santos	" -CECINE	29/1 à 02/2/73	24
Salvador	Diomar da R.S.Bittencourt	" -PROTAP	16/1 à 20/1/73	21
São Paulo	Paulo A.Lima e Antonia Rodrigues			
	A.G.Violin e Diomar da R.S.Bittencourt	IFUSP	05/2 à 16/2/73	55
Avaré	A.G.Violin e Eliseu G.Pieri	IFUSP	12/2 à 16/2/73	20

JULHO DE 1973

Guanabara	Antonio G.Violin	PREMEN-CECIGUA	02/7 à 13/7/73	12
Porto Alegre	Julio C.Boeira	" -CECIRS	16/7 à 31/7/73	28
Recife	Paulo A.Lima	" -CECINE	16/7 à 31/7/73	17

JANEIRO/FEVEREIRO DE 1974

Avaré	Antonio Geraldo Violin	IFUSP -F.C.L.	28/1 à 01/2/74	16
Bauru	Antonio Geraldo Violin	" -I.T.E.	04/2 à 08/2/74	10
B.Paulista	Eliseu G. de Pieri	" -F.F.C.L.	04/2 à 08/2/74	30
Marília	Antonia Rodrigues	" -F.F.C.L.	28/1 à 01/2/74	38
Ourinhos	Antonia Rodrigues	" -F.E.M.M.	04/2 à 08/2/74	35
Penápolis	Paulo A.Lima	" -F.F.C.L.	04/2 à 08/2/74	17
Santo André	Luiz M. Mantovani	" -F.F.C.L.	28/1 à 01/2/74	13
São Paulo	A.Rodrigues e H. Nakano	" -IFUSP	21/1 à 25/2/74	55
Taubaté	Diomar da R.S.Bittencourt	" -F.F.C.L.	04/2 à 08/2/74	12

JULHO DE 1974

São Paulo	José de Pinho A. Filho	PREMEN	01/7 à 12/7/74	17
Belo Horizonte	Luiz M. Mantovani	" -CECIMIG	01/7 à 12/7/74	21
Salvador	Paulo A. Lima	" -PROTAP	03/7 à 17/7/74	20
Guanabara	Diomar da R.S.Bittencourt	" -CECIGUA	01/7 à 12/7/74	18
Porto Alegre	José de Pinho A. Filho	" -CECIRS	15/7 à 19/7/74	20

JANEIRO e FEVEREIRO DE 1975

São Paulo	Jesuina L.A.Pacca e W.Kulesza	IFUSP	20/1 à 24/1/75	40
Belo Horizonte	-	PREMEN-CECIMIG	06/1 à 31/1/75	22
Porto Alegre	-	" -CECIRS	06/1 à 31/1/75	12
Recife	-	" -CECINE	06/1 à 31/1/75	20
Salvador	-	" -PROTAP	06/1 à 31/1/75	20

FEVEREIRO DE 1976

São Paulo	Antonio G. Violin	IFUSP	02/2 à 06/2/76	26
São Paulo	Moacyr R. do V. Filho	IFUSP	02/2 à 06/2/76	15

CURSOS DE TREINAMENTO DE PROFESSORES - PEF - ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO

ELETRICIDADE - JANEIRO E FEVEREIRO DE 1974

LOCALIDADE	PROFESSOR			
São Paulo	José de P.A.Filho e Eliseu Pieri	IFUSP	28/1 à 01/2/74	58

ELETROMAGNETISMO - JANEIRO/FEVEREIRO DE 1974

São Paulo	Jesuina L.A.Pacca e J.E.Steiner	IFUSP	04/2 à 08/2/74	34

ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO - JULHO DE 1974

Recife	João E.Steiner	PREMEN-CECINE	13/7 à 26/7/74	17
Belo Horizonte	Antonia Rodrigues	" -CECIMIG	14/7 à 26/7/74	20
Salvador	Antonio G.Violin	" -PROTAP	16/7 à 30/7/74	21
São Paulo	Jesuina L.A.Pacca	" -IFUSP	15/7 à 26/7/74	16

ELETRICIDADE - JANEIRO E FEVEREIRO DE 1975

São Paulo	Joaquim N.B. de Moraes e W.Kulesza	IFUSP	27/1 à 31/1/75	34

ELETROMAGNETISMO - JANEIRO E FEVEREIRO DE 1975

São Paulo	Joaquim N.B. de Moraes w W.Kulesza	IFUSP	03/2 à 07/2/75	29

ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO - JANEIRO E FEVEREIRO DE 1975

Belo Horizonte	-	PREMEN-CECIMIG	06/1 à 31/1/75	22
Porto Alegre	-	" -CECIRS	06/1 à 31/1/75	12
Recife	-	" -CECINE	06/1 à 31/1/75	20
Salvador	-	" -PROTAP	06/1 à 31/1/75	20
Curitiba	Ariovaldo Buitoni	" -CECISP	06/1 à 31/1/75	20

ELETRICIDADE E ELETROMAGNETISMO - FEVEREIRO DE 1976

São Paulo	Antonia Rodrigues	IFUSP	09/2 à 13/2/76	23

sair antes do início dos cursos. Com a edição de Mecânica 1 e 2 em junho e agosto de 1974, os cursos poderiam passar a ser ministrados de forma mais motivadora para os professores, entretanto os atrasos da edição de Eletromagnetismo (que veio a sair em fevereiro de 1976, acompanhada de seu conjunto experimental) e de Eletricidade (que deverá sair em 1977 ou 1978) levaram a equipe a restringir os cursos de treinamentos até que o PEF esteja integralmente publicado. Dessa maneira, a partir de julho de 1975, os cursos continuaram a ser ministrados em São Paulo nas férias de verão, como pode ser percebido pelo quadro 2-5.

Os cursos de treinamento ministrados pela equipe do PEF não foram, até o momento, avaliados de maneira objetiva[26] mas apenas através das impressões dos professores que os ministraram, manifestas nos relatórios que elaboraram sobre os cursos, e nos opinionários respondidos pelos participantes nos finais dos cursos que sugerem duas conclusões importantes em relação aos cursos de treinamento:

- A maioria dos professores ficou realmente entusiasmada com o PEF e o aplicaria se tivesse condições favoráveis; muitos desses professores consideraram o preço dos conjuntos experimentais fixado pela FENAME excessivo para suas escolas.

- Em alguns cursos, uma parte dos professores que variou de 10% a quase 50% apresentou deficiências de conhecimentos de Física. Essas deficiências se tornaram evidentes durante as discussões dos textos, problemas e experimentos e dos resultados obtidos em provas escritas. É de notar que essas provas tinham principalmente o objetivo de fornecer um modelo de avaliação escrita do PEF, do que efetivamente avaliar os conhecimentos dos professores, pois as questões propostas eram de mesmo nível de dificuldade daquelas propostas usualmente no PEF.

2.8 OITAVA FASE: O GUIA DO PROFESSOR

O objetivo do guia do professor é o de auxiliar o professor tanto de maneira geral,dando sugestões de como ministrar o curso e organizar seu trabalho, quanto de maneira específica sobre como desenvolver determinadas partes do texto, realizar os experimentos propostos, discutir alguns exercícios, etc.

No segundo semestre de 1972, quando eram concluídos os últimos capítulos da versão comercial de Mecânica 1, foi elaborada a primeira versão do guia, que continha uma parte geral sobre as condições, método de aplicação e forma de avaliação dos alunos e uma parte específica sobre Mecânica 1. Essa primeira versão preliminar foi impressa em dezembro de 1972 e utilizada nos cursos de treinamento de 1973.

Com a entrega dos originais de Mecânica 2 à FENAME em agosto de 1973, foi escrita a parte do guia relativa à Mecânica 2 e produzida a segunda versão do guia que, impressa em dezembro de 1973, foi utilizada nos cursos de treinamento de 1974 e 1975.

Finalmente, em 8 de agosto de 1974 e em 24 de outubro de 1974 foram entregues para a FENAME os originais, bonecos de diagramação e protótipos dos conjuntos experimentais, respectivamente, de Eletromagnetismo e Eletricidade, encerrando da parte do IFUSP os compromissos do convênio IFUSP - FENAME de dezembro de 1971. Com isso, a equipe poderia se dedicar à produção da versão final do quia do professor, cujas negociações vinham ocorrendo desde agosto de 74 entre o IFUSP, a FENAME e o PREMEN e que levaram a um convênio com o PREMEN firmado em novembro de 1974.

Para a produção do guia do professor foi formada uma nova equipe, constituída por alguns membros dos antigos grupos de Mecânica, Eletricidade e Eletromagnetismo e por novos e-

lementos: Antonia Rodrigues, Antonio Geraldo Violin, Eliseu Gabriel de Pieri, Joaquim Nestor Braga de Moraes, José de Pinho Alves Fº, Jesuína Lopes de Almeida Pacca, Moacyr Ribeiro do Valle Fº, Paulo Alves de Lima e Diomar da Rocha Santos Bittencourt (elaboração do texto); Carlos Egídio Alonso e Ettore Michele di San Filli Bottini (programação visual); Janete Vieira Garcia Novo e Carlos Eduardo Franco da Siqueira (secretaria e datilografia).

A forma de trabalho da equipe foi semelhante a aquela desenvolvida na elaboração dos textos para os alunos, um grupo ficou encarregado da parte geral e da parte específica de Mecânica, outro da Eletricidade e um outro do Eletromagnetismo.

O término do trabalho e a consequente entrega dos textos e bonecos de diagramação ocorreram com atraso, no dia 16/12/75. Esse atraso ocorreu principalmente pela impossibilidade de contratação de pessoal novo até 15/3/75, em virtude das eleições de 15/11/74, e porque, mais uma vez, o prazo estabelecido em convênio não era realista, pois em dezembro de 1974 ainda não havia versões preliminares do guia, relativas à Eletricidade e a Eletromagnetismo.

2.9 NONA FASE: A DIFUSÃO DO PEF

Aliados à distribuição gratuita para os professores dos livros de texto e dos guias, os cursos de treinamento de professores constituem a melhor maneira de divulgar um projeto de ensino entre professores.

A difusão do Projeto de Ensino de Física foi feita principalmente através do ensaio da versão preliminar durante os anos de 1970 a 1972 e dos cursos de treinamento de professores, que foram iniciados em janeiro de 1973, já que a FENAME, por uma instituição estatal, não faz distribuição gratuita de li

Sua difusão, contudo, tem sofrido soluções de continuidade

que estão comprometendo sua utilização: a partir de fevereiro de 1973, o lançamento de Mecânica 1 foi sendo sucessivamente adiado, o que provocou descontentamento e reclamações dos professores que pretendiam utilizar o PEF, até que, finalmente, em junho de 1974 foi lançada a primeira edição de Mecânica 1, com apenas 15000 exemplares[27]. Em 1975, o PEF estava à disposição no início do ano letivo; porém, o que restava da primeira edição se esgotou rapidamente, ficando muitos alunos sem comprar o seu exemplar no início do ano letivo, o que provocou perturbações no trabalho em classe. Em agosto de 1975 foram lançadas as segundas edições de Mecânica 1 e 2, ambas com 15000 exemplares.

Em 1976, o PEF de Mecânica foi utilizado com certa normalidade, tendo sido esgotada sua segunda edição (também de 15000 exemplares de cada volume).

Em 1977, a FENAME lançou a terceira edição de Mecânica em agosto (de 20000 exemplares de cada volume), o que levou, naturalmente, e que o PEF não fosse adotado em nenhuma escola, neste ano. Além disso, até o presente, não foram lançadas as primeiras edições de Eletricidade e do Guia do Professor, bem como a segunda edição de Eletromagnetismo.

2-10 CONCLUSÕES

A análise das diversas fases do Projeto de Ensino de Física descritas acima permite constatar que o desenvolvimento do PEF foi basicamente empírico e que seu início se deu devido à reação de alguns professores à situação vigente no ensino de Física.

A única fase do Projeto fundamentada teoricamente foi a de planejamento, talvez devido à sua própria natureza. Essa fundamentação correspondeu a levar em consideração alguns

aspectos da tecnologia educacional, principalmente no que se refere à especificação dos objetivos do programa do PEF e das tarefas a serem realizadas pelos alunos em termos operacionais, isto é, em termos de comportamentos observáveis dos alunos.

O empirismo na elaboração do PEF foi decorrente da formação e experiência profissional dos membros de equipe. De um lado, a maioria dos professores de equipe teve sua formação no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, onde sempre se procurou vincular o ensino e a pesquisa; por outro lado, a experiência profissional desses professores era muito grande e diversificada, abrangendo o ensino e a pesquisa universitária, o ensino universitário básico e o ensino médio, a formação e treinamento de professores licenciados, além da produção e elaboração de material educacional.

Essa experiência profissional, e o correspondente contato com a realidade educacional, principalmente paulista, permitiu o conhecimento das condições precárias do ensino nas escolas secundárias oficiais: classes numerosas, cursos de baixo rendimento, principalmente os noturnos, professores sem formação pedagógica e com carga didática excessiva, falta de laboratórios e materiais didáticos nas escolas e de livros didáticos adequados, além de outros problemas.

Foi então, baseado nessa realidade educacional e para ela voltado, que se desenvolveu o trabalho de elaboração do PEF, determinando, dessa forma, sua característica fundamental, que foi o ensaio e avaliação do material educacional preliminar, cujo objetivo específico foi levantar dados para sua revisão, o que permitiu a consecução do objetivo de produzir material educacional adequado às condições das escolas. Por outro lado, a capacitação dos professores secundários, foi inicialmente interpretada pela equipe de uma maneira e, em seguida, modificada no de

correr do trabalho. Ao planejar o PEF, a equipe tinha como proposta elaborar um material didático que permitisse ao aluno trabalhar sozinho, praticamente sem ajuda do professor; essa proposta, na prática, tornou-se inviável e, pelo, contrário verificou-se que a ação do professor é imprescindível no processo de aprendizagem, mesmo que sua ação como expositor da matéria seja diminuída, pois aumenta sua ação como organizador do trabalho estudantil e orientador de discussões, experimentos, etc, que exigem, inclusive, que tenha bons conhecimentos de Física. Dessa maneira, os cursos de treinamento de professores foram reconhecidos como uma necessidade e parecem ser, ainda, uma forma de cobrir em parte as deficiências do corpo docente em relação ao conhecimento de Física e de métodos pedagógicos.

Um outro aspecto que deve ser ressaltado no processo de elaboração do PEF é o seu custo financeiro,estimado em valores atuais (1977) em cerca de dois milhões de cruzeiros, e que tornaria o PEF, se financiado e comercializado por uma editora particular, extremamente caro e,portanto, acessível apenas à minoria de estudantes que pode frequentar escolas particulares caras. Dessa maneira, considerando-se que um projeto de ensino deve ser acessível à maioria dos estudantes, é necessário que seja subvencionado e eliminada qualquer necessidade de lucro. Nesse sentido, a Universidade, além de ser um lugar natural para o desenvolvimento de materiais educacionais atualizados, adquire um papel duplamente importante, tanto por fornecer verbas (ou ser responsável pela administração e aplicação de verbas fornecidas por outras instituições), quanto formar pessoal especializado, que é uma decorrência da própria realização do trabalho.

A tentativa de barateamento do PEF para estudantes, que justificou o convênio com a FENAME para a edição e distribuição do PEF, contudo, tornou-se até o momento um impecilho

para a aquisição do PEF pelos estudantes, não por causa de seu preço, que realmente é muito baixo em relação aos outros livros didáticos, mas pelo número limitado e má distribuição dos exemplares editados, como já foi descrito.

Dessa maneira, a avaliação da utilização em grande escala do PEF está praticamente impossibilitada de ser realizada. No momento, o que se pode analisar é o conteúdo e estrutura do PEF, com vista a uma futura revisão : esse é o trabalho apresentado na última parte dessa dissertação e que se baseou na utilização do PEF de Mecânica em duas escolas da cidade de São Paulo, uma particular e outra oficial , no ano de 1975 .

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 2

1- A equipe do PEF, ainda em 1970, logo após as primeiras reuniões de planejamento foi dividida em uma equipe de Mecânica e uma equipe de Eletricidade (que mais tarde se dividiria em Eletricidade e Eletromagnetismo). Essas equipes, além do contato informal no local de trabalho, mantinham reunião semanal para discussão do Projeto como um todo. As formas de trabalho dessas equipes foram semelhantes. Neste trabalho é analisado principalmente a elaboração da parte de Mecânica do PEF.

2- Foram consultados principalmente as atas das reuniões da equipe, correspondências, planos de pesquisa, relatórios, convênios, etc.

3- Plínio U. Meneghini dos Santos, Paulo Alves de Lima, Judite F. Almeida, Hideya Nakano, Antonio G. Violin, Fuad D. Saad, e outros.

4- Hamburger, E.W. e Meneghini dos Santos, P.U. - Desenvolvimento de texto e material de ensino de física para o curso secundário, documento mimeografado, 5 páginas, São Paulo, 4/8/69. Este documento encontra-se quase integralmente reproduzido, exceto seus itens 2.4 (Pessoal e facilidades) e 2.5 (Orçamento), no relato apresentado por Hamburger na sessão "Ensino médio - novos currículos" do 1º Simpósio Nacional Sobre o Ensino de Física (São Paulo, janeiro de 1970). As atas desse Simpósio encontram-se no Boletim nº 4, Sociedade Brasileira da Física, op. cit., pág. 85 a 88.

5- A FAPESP concedeu no período de março de 1971 a março de 1972 um auxílio de Cr$ 62 400,00 para pagamento de alguns membros da equipe que não tinham vínculo de dedicação exclusiva à Universidade. A partir de 1972, o PEF foi financiado pela FENAME que forneceu Cr$ 480 000,00 durante 1972, 1973 e 1974 para a elaboração dos textos para os alunos, Cr$ 169 000,00 em

1974 para a elaboração do Guia do Professor e Cr$ 60 000,00, em 1975, para o barateamento e simplificação dos conjuntos experimentais de Eletricidade e Eletromagnetismo. Durante todo o período de elaboração do PEF, o IFUSP financiou o PEF indiretamente através do pagamento dos membros da equipe em tempo integral e dedicação exclusiva à Universidade, e dos custos de administração, serviços e materiais de consumo.

6- As seguintes pessoas trabalharam na equipe do PEF. Coordenação: E.W.Hamburger e G.Moscati; elaboração de textos: A. Rodrigues, A.G.Violin, D.R.S.Bittencourt, E.G.Pieri, H.Nakano, J.P.Alves Filho, J.I.Goldemberg, J.Zanetic, J.F.Almeida, J.N.B. Moraes, J.Steiner, J.L.A.Pacca, L.M.Mantovani, M.R.Valle Filho, P.A.Lima, P.U.M.Santos, W.Wajntal, programação visual: C.E.Alonso, E.M.S.F.Bottini, J.B.Novelli Jr., A.C.C.Ferreira (versão preliminar); fotografia e reproduções: J.A.M.Calil, W.M.Racy, secretaria e datilografia: C.E.F. Siqueira, J.V.G. Novo; linguagem: C.R.W.Abramo, M.N.M.Rebello; construção de protótipos: J.Ferreira, V.E.S. Brites; desenho industrial: A.Ventura, P.U.M.Santos.

7- O papel de especialistas em uma disciplina é visto de forma diferente para dois autores como Tyler e Bruner. Para Tyler, os livros de texto escolares e universitários são geralmente escritos por especialistas que, parece evidente, pensavam estar respondendo à pergunta: 'Qual deve ser o ensino elementar para estudantes que terão de realizar posteriormente um trabalho muito mais avançado no campo?' Segundo Tyler, essa não é a pergunta que se deve fazer aos especialistas em disciplinas no tocante ao currículo da escola de nível médio, mas sim "Com que pode contribuir a sua disciplina para a educação de jovens que não se destinam a ser especialistas no seu campo; qual pode ser a contribuição de sua disciplina para o leigo,

o cidadão comum ?" (Tyler, R.W., Princípios básicos de currículo e ensino; trad. L.Vallandro, 3a. ed., Porto Alegre,Globo, 1976, pág. 23 e 24). Bruner, em oposição a Tyler, realça a importância do especialista e da estrutura de uma disciplina para o seu aprendizado ao afirmar:"...a atividade intelectual é a mesma em toda parte, quer nas fronteiras da sabedoria,quer numa classe de terceiro ano primário (...). A diferença é de grau, não de natureza. Ao estudar Física, o aluno é um físico; e é mais fácil aprender Física comportando-se como um físico, do que fazendo qualquer outra coisa." (Bruner J.S., O processo da educação, trad. L.L. de Oliveira, 5a.ed., Nacional, São Paulo, 1975, pág. 12 e 13). Pouco adiante, na mesma obra citada, Bruner conclui:"A experiência dos últimos anos ensinou-nos, pelo menos, uma lição de importância quanto ao planejamento de um currículo que seja fiel à estrutura básica da matéria tratada: a de que, para a tarefa, é preciso mobilizar as melhores cabeças de cada disciplina particular" (pág. 17).

8- Hamburger, E.W. et al , Mecânica 1, folheto introdutório "O que é o PEF", FENAME, Rio, 1974. Apesar da intenção manifesta da equipe, a idéia de que o PEF é uma base conveniente para futuros estudantes de Física não deve ser desconsiderada.A discussão se o currículo deve ser feito para o futuro cidadão, ou para o futuro profissional, ou para ambos, não está esgotada.

9- De fato, isso não ocorreu; a versão comercial do PEF apresenta atualmente quatro volumes (Mecânica 1 e 2, Eletricidade e Eletromagnetismo) que devem ser aplicados idealmente em quatro semestres. A parte de Calor é apresentada ligeiramente na Mecânica e Eletricidade.Estrutura da Matéria é discutida de forma geral, em Eletricidade e Eletromagnetismo.Ondas não fazem parte de nenhum desses volumes.

10- Nessa época, Plínio U.M. Santos iniciava a elaboração dos primeiros protótipos do "cronômetro de areia", uma ampulheta graduada para medir intervalos de tempo. Uma descrição do "cronômetro de areia" encontra-se em "Um cronômetro barato", P.U.M. Santos et al, Revista Brasileira de Física, vol. 1, nº 1, abril de 1971, pág. 187.

11- Os Simpósios Nacionais de Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física tem sido marcados pelas discussões sobre os objetivos do ensino de Física. No 1º Simpósio (São Paulo, 1970) foi aprovada uma moção de que a Sociedade deveria preparar um estudo sobre objetivos, currículos e métodos de ensino de Física. O 3º Simpósio (São Paulo, 1976) foi organizado em termos de por que, para quem e para que ensinar Física? As atas do 1º Simpósio encontram-se no Boletim nº 4 da SBF, op.cit.; o estudo sobre objetivos encontra-se no Boletim V.2 nº 2, Relatório e recomendações das Comissões de Ensino, SBF, Salvador, dezembro de 1971, pág. 13 a 60. As atas do 3º Simpósio encontram-se na Revista Bras. de Física, Vol. especiais, nº 1 (julho/76), nº 2 (outubro/76) e nº 3 (outubro/76).

12- Tyler, R.W., Princípios Básicos de Currículo e Ensino, trad. de L. Vallandro, Porto Alegre, Globo, 1976, pág. 5.

13- Bloom, B.S.(ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. e Krathwohl, D.R., Taxionomia de Objetivos educacionais: 1 domínio cognitivo, trad. F.M. Sant'Anna, Porto Alegre, Globo, 1972, pág. 24.

14- Piaget, J., Psicologia e Pedagogia, trad. D.A.Lindoso e R.M. da Silva, Forense, Rio, 1970, pág. 137 e 161.

15- Esse curso fez parte de um programa de pós-graduação para licenciados em Física que foi desenvolvido durante 1969/1970, no IFUSP. Esse programa encontra-se descrito por C.Z.Dib nas atas do I Simpósio Nacional sobre o Ensino de Física, SBF, Bo-

letim nº 4, op.cit., pág. 109 a 111.

16- Essas especificações são discutidas, por exemplo, por Dib,C. Z., Tecnologia da Educação e sua Aplicação a Aprendizagem de Física, Pioneira, São Paulo, 1974, pág. 75 a 89.

17- Bloom, B.S.(ed.) e colaboradores, Taxionomia de objetivos..., op.cit.

18- Bittencourt, D.R.S., Pré-Requisitos de Alunos Ingressantes,no 2º Ciclo, III Simpósio Nacional de Ensino de Física(Atas), Rev. Bras. de Física, Vol. especial nº 2, outubro de 1976, pág.561 a 572.

19- A impressão desses capítulos foi de Bruno Manzon, a datilografia de Carlos Eduardo Franco de Siqueira e a programação visual de Antonio Carlos Carvalho Ferreira, Carlos Egidio Alonso e Carlos Roberto Monteiro de Andrade.

20- A necessidade de ensaiar e avaliar materiais educacionais foi integralmente assumida pela equipe do PEF, sem discussão. Popham questiona essa posição, ao afirmar:"...,Arthur A. Lumsdaine (em um colóquio recente) apontou que existe pouca pesquisa de que uma revisão baseada em ensaios empíricos, em oposição a uma revisão editorial feita por especialistas, leve a uma aprendizagem melhor.(...). É quase universalmente assumido que ensaios empíricos e revisões produzem materiais melhores, mas uma revisão da literatura mostra apenas alguns poucos estudos que corroboram essa posição". (trad.D.Bittencourt) Popham,W.J., Curriculum materials, Review of Educational Research, vol. 39, No 3, June 1969, page 331.

21- A lista de professores e de escolas onde o PEF foi ensaiado encontra-se em PEF, Guia do Professor, segunda versão preliminar, dezembro de 1973, pág. 20.

22- Quando, no final da década de 50, surgiram nos EUA os primeiros projetos de ensino, praticamente só havia o modelo

de Tyler para a avaliação de currículos (Tyler,R.W., Princípios básicos de currículo e ensino, op.cit.). A partir dos anos 60, proliferaram as sugestões de modelos e estratégias para a avaliação de currículos. Embora grande parte da discussão sobre a avaliação de currículos tenha ocorrido na mesma época de elaboração do PEF, a equipe do PEF não conhecia esses estudos.

23- O "IPS" (Introdução à Física, op.cit.) quando ensaiado, ainda sob a forma de uma versão mimeografada e ilustrada com desenhos esquemáticos, em uma escola secundária e em cursos de treinamento de professores apresentou rendimento inferior a aquele obtido com a posterior utilização da versão comercial.(relato de Plínio U.M. Santos).

24- Na época (1971), estava sendo produzida no IFUSP, além do Projeto de Ensino de Física, uma série de filmes curtos para o ensino superior de Física. Maiores informações sobre esses filmes podem ser encontrados em: Tassara,E. et al, Avaliação de filmes didáticos de física, Rev. Bras. de Física, vol. 3, pág. 603/618, 1973, e em Muramatsu, M., Produção,utilização e avaliação de filmes didáticos de Física, dissertação de mestrado, IFUSP e FEUSP, São Paulo, 1976

25- Algumas das cláusulas do convênio de cessão dos direitos do PEF à FENAME são:

I. O IFUSP se compromete a entregar à FENAME os originais com ilustrações dos títulos (compreendendo 4 volumes de cerca de cem páginas cada um) e os protótipos dos aparelhos,sendo que os primeiros em estágio de "BONECO".

V. No caso de novas edições, quando da revisão ou atualização da obra , a FENAME, se necessário, convocará o IFUSP, sem elaborado acordo para os citados trabalhos, sem prejuí-
e cláusula anterior.

VI. A distribuição dos volumes e aparelhos do PEF será feita através da rede distribuidora da FENAME.

26- Os cursos de treinamento de professores do PEF são discutidos por Pacca, J.L.A., em Um curso para treinamento de professores, III Simpósio Nacional de Ensino de Física (Atas), Revista Brasileira de Física, vol. especial nº 2, outubro - de 1976, pág. 367.

27- Apesar da época ser extremamente imprópria para o lançamento de um livro didático, ainda foram vendidos durante 1974 aproximadamente 5 000 exemplares de Mecânica 1. Mecânica 2 foi lançado em agosto de 1974, também em uma edição de 15 000 exemplares.

3. OS TEXTOS E OS MATERIAIS DIDÁTICOS DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA - MECÂNICA

No capítulo 2 foi discutido o processo de elaboração da parte de Mecânica do PEF. Nesse capítulo é analisado o produto resultante desse processo, ou seja, os textos e materiais experimentais (1) (2) (3)*.

Com o objetivo de auxiliar essa análise, foi realizada uma pesquisa de campo com alunos e professores que utilizavam a parte de Mecânica do PEF.

Por razões que serão vistas adiante, a análise se restringiu ao capítulo 6 de Mecânica "Força, inércia e aceleração" e teve por objetivo levantar dados para uma futura revisão desse capítulo.

Primeiramente a parte de Mecânica é analisada como um todo; a seguir o capítulo 6 é analisado com maior detalhe e levantados os pontos nas quais deveria ser revisto.

3.1 ANÁLISE DA PARTE DE MECÂNICA DO PEF

Uma leitura da parte de Mecânica do PEF leva à observação de que o projeto foi elaborado em termos de uma sequência ordenada de conteúdos, com ênfase na discussão de conceitos de Física. Essa sequência de conteúdos é a seguinte:

- Localização de pontos em um sistema cartesiano ortogonal e traçado da curva que contém esses pontos.
- Medição de grandezas físicas (espaço e tempo).
- Definição e determinação experimental de velocidade média e velocidade instantânea.
- Definição e medida de aceleração.
- O princípio de inércia.

---

*As notas e referências bibliográficas deste capítulo encontram-se na página 83 .

- Massa e peso de um corpo.
- Relação da aceleração adquirida por um corpo de massa conhecida com a força aplicada (segunda lei de Newton).
- Operações com grandezas vetoriais.
- Quantidade de movimento e sua conservação.
- Trabalho e energia cinética.
- Conservação da energia.
- Gravitação.

Os assuntos discutidos na parte de Mecânica do PEF podem ser separados em dois tipos; um de carácter predominantemente operacional e outro que, além do carácter operacional, envolve também uma generalização ou o relacionamento com outros conceitos através de um princípio ou lei física.

São exemplos, no PEF, de assuntos do primeiro tipo· a construção de um gráfico a partir das coordenadas de alguns pontos (cap. 1), a calibração do cronômetro de areia (capítulo 3), a determinação experimental da velocidade de um corpo em movimento uniforme (cap. 4), a determinação experimental da velocidade média (cap. 5), as operações com grandezas vetoriais (cap. 8). São exemplos de assuntos mais complexos, do 2º tipo: a medida de uma grandeza física (cap.2), a velocidade instantânea (cap. 5), o princípio de inércia, a relação entre força e aceleração (cap. 6), a 2a. lei de Newton (cap. 7 e final cap. 8), a lei de conservação da quantidade de movimento (cap.9), a lei de conservação de energia (cap. 11) e a gravitação (cap. 12).

Dentro dessa classificação, a parte de Mecânica 1 do PEF é predominantemente operacional e prescritiva, enquanto que Mecânica 2 é mais conceitual e abstrata. O último capítulo de Mecânica 1, (cap. 6, Força, inércia e aceleração), representa uma transição entre essas duas partes.

Evidentemente, espera-se que os alunos, ao estudar o PEF, encontrem maiores dificuldades em aprender conceitos mais complexos do que em aprender conceitos mais simples. Realmente, A.G. Violin[4], ao analisar a parte de Mecânica do PEF através de um curso programado individualizado, concluiu que as maiores dificuldades dos alunos para vencer o programa que devem ser imputadas ao texto encontram-se, nessa ordem, no relacionamento entre força, inércia e aceleração (cap. 6), no cálculo da velocidade instantânea (cap. 5), e na representação de medidas através de potências de dez (cap. 2).

J.L.A. Pacca[5] também fez uma análise da parte de Mecânica do PEF, procurando estudar o desempenho de alunos de dois colégios de São Paulo frente a sequência de estímulos que levam, entre outros, aos comportamentos de medir com precisão e de analisar movimentos representados por fotografias estroboscópicas. Suas conclusões foram que aproximadamente 50% dos alunos de ambos os colégios foram capazes de aplicar o conceito de precisão de uma medida em situações reais, apesar de darem respostas erradas quanto ao número de significativos. Em relação ao cálculo das velocidades instantâneas de um pêndulo através de uma foto estroboscópica, Pacca verificou que 80% dos alunos de um colégio (V.Mariana) efetuaram corretamente os cálculos e medidas e que 49% dos alunos do outro colégio (V.Prudente) atingiram o comportamento em nível de aplicação, apesar de parte dos alunos (28%) terem cometido erros (ou na medida em escala da distância, ou no intervalo de tempo entre as posições assumidas pelo pêndulo ou na divisão da distância percorrida pelo intervalo de tempo).

É interessante observar que as dificuldades encontradas pelos alunos que utilizaram os capítulos 1 a 7 da versão preliminar, que serviram para a elaboração de Mecânica 1, se

localizaram praticamente nos mesmos assuntos em que ocorreram as dificuldades apontadas por Violin e Pacca na utilização da versão comercial, apesar das dificuldades não terem sido exatamente as mesmas. O capítulo 2 (Medidas de espaço), por exemplo, foi o único a ter duas versões preliminares que, entretanto, não tratam de potências de 10. O conceito de velocidade instantânea foi a maior dificuldade encontrada pelos alunos que utilizaram a versão preliminar do PEF, o que levou a uma revisão drástica da segunda parte do capítulo 4 (Movimento) e à elaboração de um capítulo 5 (Velocidade média e velocidade instantânea) da versão comercial, quase que inteiramente novo.

O relacionamento entre força e aceleração, feita na versão preliminar através dos capítulos 5 (Movimento e forças), 6 (Grandezas vetoriais) e 7 (Força e aceleração) também foi integralmente revisto, levando à elaboração do capítulo 6 (Força, inércia e aceleração) da versão comercial, em uma ordem inteiramente nova de partes dos antigos capítulos 5 e 7, como mostra o quadro 3-1 (pag.56).

Essa reformulação não decorreu somente de dificuldades encontradas pelos alunos que testaram os capítulos 5,6 e 7 da versão preliminar, mas também do propósito da equipe de introduzir conceitos dinâmicos o mais cedo possível, através da discussão do conceito de aceleração simultâneamente com o de força e da relação entre ambos. Esse propósito foi frustrado na versão preliminar, pois o capítulo 5(Movimento e forças), apesar de apresentar uma discussão sobre o princípio de inércia em seu início, é um capítulo que trata principalmente de cinemática.

A tentativa de relacionar conceitos cinemáticos e dinâmicos de forma a dar, desde logo, características dinâmicas ao estudo de cinemática não é comum em textos introdutórios de Física. Na maior parte dos livros didáticos, os conceitos ci-

QUADRO 3-1

SEÇÕES DO CAPÍTULO 6 DA VERSÃO COMERCIAL E AS CORRESPONDENTES SEÇÕES DOS CAPÍTULOS 5 E 7 DA VERSÃO PRELIMINAR

Cap.6- Força, inércia e aceleração (Versão Comercial)	Versão Preliminar
1. O Princípio de Inércia	Cap.5§1- O Princípio de Inércia
2. Exp. Como comparar forças	Cap.7§1- Exp. Como comparar forças
3. Força e variação de velocidade	Não consta
4. Exercícios de aplicação	Exercícios dos capítulos 5 e 7
5. Força e aceleração	Cap.7§2- Força e aceleração
6. Aceleração média e aceleração instantânea	Não consta
7. Aceleração na calha	Cap.5§3- Exp. Medindo acelerações
8. Exp. Medida da aceleração	Cap.5§3- Exp. Medindo acelerações

nemáticos são integralmente introduzidos antes do estudo da dinâmica, o que aparenta ser uma necessidade lógica decorrente da 2a. lei de Newton (F=ma), variando apenas a ocasião em que são discutidas as grandezas vetoriais: antes da cinemática, como por exemplo no caso do livro de B. Alvarenga e A. Máximo[6]; ou intercalada entre a cinemática escalar e a vetorial, como no caso do PSSC [7].

Para a equipe, o fato de se procurar chegar o mais rapidamente possível à dinâmica se justifica como uma tentativa de evitar o fato muito comum de se prolongar demasiadamente o estudo da cinemática e prejudicar, por falta de tempo, o estudo da dinâmica, que realmente corresponde ao início da Física.

Além disso, para a equipe, o conceito de aceleração é de difícil entendimento pelos alunos pois corresponde a uma taxa de variação de uma grandeza (a velocidade) que também já é uma taxa de variação; nesse sentido, a discussão da aceleração juntamente com a força, que de certa maneira é um conceito intuitivo, poderia auxiliar o aluno. Ainda mais, a importância da aceleração reside principalmente no fato de ser um elemento da 2a. lei de Newton e portanto, da existência da relação entre a aceleração adquirida por um corpo e as forças que agem sobre ele; se tal não fosse, possivelmente a aceleração não seria uma grandeza física importante, como não é importante, por exemplo, a derivada terceira da posição em relação ao tempo.

Evidentemente, podem ser feitas outras tentativas para introduzir o conceito de aceleração . Uma delas, por exemplo, é seguir o desenvolvimento histórico: Galileu descobriu que a velocidade de um corpo em queda livre (e de uma bolinha em movimento retilíneo sobre um plano inclinado) varia uniformemente com o tempo[8], o que é uma justificativa boa para a intro-

dução da aceleração.

Uma outra tentativa frustrada na versão preliminar foi a de tentar introduzir os conceitos de velocidade e aceleração já como grandezas vetoriais. Pensava-se assim poder dedicar um tempo mais curto ao estudo da cinemática. Essa tentativa foi abandonada durante a própria elaboração da versão preliminar, principalmente por três motivos:

I- O conceito de velocidade instantânea mesmo em forma escalar é de difícil entendimento. Ainda mais, a forma pela qual ele foi introduzido na versão preliminar (cap. 4) causou muitos problemas que só foram solucionados na versão comercial[9].

II- O conceito de aceleração, como foi visto acima, também é de difícil entendimento.

III- Durante a elaboração da versão preliminar, a maneira de introduzir grandezas vetoriais foi extensivamente discutida pela equipe, não tendo se chegado a um acordo final se as grandezas vetoriais deveriam ser introduzidas através do vetor deslocamento, ou do vetor velocidade ou da composição de forças. O capítulo da versão preliminar que resultou dessas discussões foi considerado uma miscelânia das diversas maneiras de introduzir grandezas vetoriais, não tendo agradado a nenhum membro da equipe.[10]

Em uma futura revisão da parte de Mecânica do PEF, os diversos aspectos apresentados nessa seção devem ser considerados. Além disso, o autor considera que para tal revisão é necessário levantar mais elementos, principalmente sobre a parte de Mecânica 2. Mecânica 1, entretanto, já pode ser revista através dos elementos levantados por Pacca e Violin, que foram complementados neste trabalho pelo levantamento das dificuldades encontradas pelos alunos ao utilizar o capítulo 6, "Força, inércia e aceleração", que são discutidas a seguir .

3.2 DIFICULDADES DOS ALUNOS NO CAPÍTULO "FORÇA, INÉRCIA E ACELERAÇÃO"

Para o levantamento das dificuldades dos alunos ao estudar o capítulo 6 do PEF, o autor efetuou uma pesquisa de campo em dois colégios de 2º grau situados em São Paulo, nos quais o PEF estava sendo utilizado (11). Um desses colégios pertence à rede oficial de ensino e está localizado na Vila Prudente, bairro da zona leste próximo à região industrial do ABC; o outro colégio é particular e está localizado na Vila Mariana, bairro residencial da zona sul, próximo do centro da cidade (12).

Os dois professores de Física desses colégios fizeram parte da equipe do PEF e tinham utilizado, em anos anteriores, a versão preliminar do Projeto. Esses fatos foram determinantes na escolha dos colégios pesquisados pois, de um lado, a experiência dos professores com o PEF permitiu considerar que as dificuldades encontradas pelos alunos foram fundamentalmente decorrentes do próprio PEF e não de deficiências dos professores e, por outro lado, o relacionamento pessoal do autor com esses professo-

res facilitou a realização da pesquisa.

Os alunos pesquisados, em um total de 193, pertenciam à primeira série do 2º grau, sendo 138 do colégio oficial de V. Prudente e 55 do colégio particular de V.Mariana. Em ambos os colégios, o número de aulas semanais de Física era três, sendo a duração delas no colégio oficial (V.P.) de 45 minutos, enquanto que no colégio particular (V.M.), duas aulas tinham a duração de 50 minutos e uma de 70 minutos. Na época da pesquisa, os alunos do colégio oficial tinham terminado de estudar o capítulo 6 (Força, inércia e aceleração), enquanto que os alunos do colégio particular (V.M.) estavam estudando o capítulo 8 (Grandezas vetoriais).

O autor não pretendeu que a amostra, de alunos provenientes de apenas dois colégios, fosse representativa de toda a população escolar de 2º grau de São Paulo. Entretanto, para o fim de levantamento de dados para uma futura revisão do PEF, a amostra lhe pareceu suficiente.

O levantamento de dados foi realizado através de uma prova escrita feita por todos os 193 alunos e de entrevistas com 23 alunos de ambos os colégios. Em ambos os colégios, os alunos consideravam a prova escrita, que foi aplicada por seus próprios professores, como uma avaliação normal do curso.

As entrevistas com os 23 alunos foram realizadas nos próprios colégios, duas a quatro semanas após a realização da prova escrita. A duração de cada entrevista foi de aproximadamente cinquenta minutos. A seleção dos alunos entrevistados foi feita de modo que as notas que tinham obtido na prova escrita cobrissem o intervalo de 1,0 a 10,0 .

O objetivo principal dessas entrevistas foi verificar, por amostragem, se os alunos tiveram problemas de interpretação das questões da prova e dificuldades de se expressar

por escrito. Para isso, depois de uma conversa inicial sobre a finalidade da entrevista, em que se procurava deixar o aluno à vontade, eram feitas as mesmas perguntas da prova e discutidas as respostas dadas. A conclusão que se tirou dessa parte da entrevista foi que as questões da prova não apresentaram problemas de interpretação do enunciado, exceto na questão 1 (ver pag.63) na qual muitos alunos não sabiam o significado da palavra manter (13) além disso, verificou-se que os alunos que tiveram dificuldades em se expressar por escrito, também as tiveram ao se expressar verbalmente.

Para muitos alunos, principalmente quando houve tempo, as entrevistas tiveram uma segunda parte onde foram feitas perguntas sobre outros pontos do capítulo 6 (funcionamento do disco de "gelo seco", explicações sobre fotos estroboscópicas), além de perguntas gerais sobre os capítulos anteriores (dificuldades, dúvidas, etc.) e sobre o próprio PEF (método de trabalho, forma dos textos, etc.), que não foram formalmente utilizadas neste trabalho.

No Apêndice C (pag.107) estão reproduzidos trechos das entrevistas realizadas. No Apêndice D (pag.128) estão transcritas as respostas dadas à prova escrita pelo mesmo grupo de alunos que foi submetido à entrevista.

3.3 AS QUESTÕES ENTREMEADAS NO TEXTO DO PEF E A PROVA ESCRITA

Uma característica importante do PEF e pertinente à prova aplicada é o grande número de questões entremeadas no próprio texto que devem ser respondidas pelos alunos à medida que efetuam sua leitura.

J.Pacca, ao analisar a parte de Mecânica do PEF, ressalta a função das questões entremeadas no texto, ao afirmar: *"Analisando o PEF, depois de estar terminado e já sendo utiliza*

do nos colégios, podemos compreender claramente a função das questões propostas para os alunos ao longo do texto. A função das questões é bastante ampla em todo o processo da aprendizagem do aluno e também no controle dessa aprendizagem.

O programa se desenvolve procurando chegar a certos objetivos que foram determinados, a priori. As sequências estabelecidas e que levam o aluno a atingir os objetivos são, em geral, sequências lógicas do conteúdo; as questões subdividem as sequências em pequenas quantidades e oferecem aos alunos a oportunidade de emitirem sempre uma resposta observável. Queremos que o aluno leia com atenção, relacione fatos e chegue a novos resultados. A garantia de que isso está ocorrendo são as respostas. Por isso, torna-se importante que o texto forneça as condições necessárias para a resposta e especifique claramente o que se espera do aluno" (14).

Dessa maneira, considerando que o programa do PEF deve levar à aprendizagem, os índices de respostas corretas devem ser muito altos, da ordem de 80% a 100%. Realmente, durante o ensaio da versão preliminar de Mecânica isso ocorreu para a maioria das questões respondidas pelos alunos; quando uma questão apresentava índices inferiores a 80% de acertos (nesses casos era comum os índices oscilarem entre 40% a 60%), esse fato era tomado como decorrente de falha das condições oferecidas pelo texto.

A falha no enunciado da questão é um problema de solução trivial; no caso de falha decorrente do texto, a revisão era facilitada pela subdivisão do texto em pequenos passos, o que permitia localizar precisamente a falha do texto.

Esse processo de avaliação do PEF através das respostas dadas pelos alunos às questões do texto foi exaustivamente utilizado pela equipe e, juntamente com as observações dos professores que aplicaram a versão preliminar, permitiu a revi -

são da versão preliminar de Mecânica.

No caso da pesquisa ora realizada, foi tentado um processo semelhante de análise: os alunos foram submetidos a uma prova cujas questões são do mesmo tipo daquelas encontradas nos textos do PEF e que, portanto, poderiam estar entremeadas no texto do capítulo 6. Assim, se pretendeu examinar o entendimento dos alunos em relação ao conteúdo do capítulo 6 e não à capacidade de resolver problemas de Física que envolvem a aplicação desse conteúdo como, por exemplo, os exercícios de aplicação I e II deste capítulo (pag. 6-12 e 6-20).

A prova constou de dez questões discursivas que versaram sobre força, aceleração e o princípio de inércia, não sendo necessária a realização de cálculos numéricos. Foram elaborados, com as mesmas dez questões, dois tipos de provas, distintas apenas pela sequência das questões. A prova de tipo I está reproduzida no quadro 3-2 (pag. 64); a prova de tipo II apresentou as mesmas questões da prova de tipo I na seguinte sequência: 5,6,7,8,9,10,1,2,3,4.

O objetivo principal de haver dois tipos de provas, foi evitar que as últimas questões, pudessem ter suas respostas prejudicadas pela falta de tempo, por cansaço, desinteresse, etc. do aluno.

As questões 1 a 6 da prova de tipo I cobrem os assuntos discutidos nas páginas 6-1 a 6-5 do texto do capítulo 6; a questão 1 pode ser entremeada no texto da pag. 6-3, entre o 1º e 2º parágrafo. A questão 2 após o último parágrafo da página 6-3. As questões 3,4 e 5 na pag. 4, logo após a Q7 do texto. A questão 6 após o último parágrafo da pag. 6-5.

As questões 7 a 10 da prova de tipo I se referem ao texto das páginas 6-10 a 6-12, correspondentes à seção 3 do cap. 6[15] . A questão 7 pode ser entremeada no texto após o

QUADRO 3-2

PROVA ESCRITA DE TIPO I

NOME: Nº SÉRIE

NOTA: DATA / /1975

1- Para manter um corpo em movimento é necessária a aplicação de uma força ? EXPLIQUE :

2- Qual é a consequência (ou consequências) da aplicação de uma força sobre um corpo em movimento ?

3- O que você pode dizer sobre forças, no caso de um corpo em movimento retilíneo com velocidade constante ?

4- O que significa dizer que um corpo está sujeito a forças equilibradas ? E a forças não equilibradas ?

5- Se um corpo está sujeito a forças equilibradas, como deve ser seu movimento ? E se ele estiver sujeito a forças não equilibradas, como será seu movimento ?

6- Explique o "princípio de inércia" .

7- Um corpo que está sujeito a uma força constante F sofre uma variação de velocidade Δv em um intervalo de tempo Δt. O que você pode dizer sobre a variação de velocidade que ele deverá sofrer em um intervalo de tempo $2\ \Delta t$?

8- O que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você sabe que sua aceleração é constante ?

9- Um corpo está sujeito a uma única força F constante. O que você pode afirmar sobre seu movimento ?

10- Explique o que é aceleração de um corpo em movimento.

Obs: A prova de tipo II apresenta as mesmas questões da prova de tipo I na seguinte sequência: 5,6,7,8,9,10,1,2,3 e 4.

penúltimo parágrafo da pág. 6-11. A questão 8 na pág.6-12, dois parágrafos após a Q27 do texto. A questão 9, antes do último parágrafo da coluna esquerda da pág. 6-12. A questão 10, antes do parágrafo anterior à seção 4 do texto, na pág. 6-12.

3.4 DISCUSSÕES SOBRE OS RESULTADOS DA PROVA ESCRITA

A análise de uma prova discursiva na qual a maioria das questões são abertas não é simples.Para que se possa tirar algumas conclusões, é necessário elaborar e relacionar um número grande de gráficos e tabelas.

Assim, inicialmente as provas foram corrigidas com o objetivo de preparar as entrevistas e de classificar os alunos conforme a nota obtida.

O quadro 3-3(pag. 66) reproduz as médias das notas de cada classe, para cada tipo de prova e para a classe toda, os desvios padrões das distribuições de notas e número de alunos, de cada classe, que fez cada tipo de prova. Os resultados do quadro 3-3 permitem concluir que as provas de tipo I e II foram equivalentes em cada classe ensaiada, o que torna desnecessário, daqui para diante, distinguí-las.

A partir dos resultados obtidos foram construídos os histogramas normalizados (em cada caso o número de provas foi normalizado para o valor 100) para as notas obtidas em Vila Prudente, Vila Mariana e para os dois colégios juntos (quadro 3-4, pag. 67).

Para a análise do desempenho dos alunos em relação ao conteúdo da prova escrita, o total de provas (193) foi dividido em quatro grupos, de acordo com a nota obtida: grupo A (74 provas) com notas no intervalo de 0,0 a 2,4; grupo B(66 provas) de 2,5 a 4,9 ; grupo C (37 provas) de 5,0 a 7,4 e grupo D (16 provas) de 7,5 a 10,0 (ver quadro 3-5, pag. 68).

QUADRO 3-3

MÉDIAS DE NOTAS DAS PROVAS DE TIPO I E II

COLÉGIO	V.MARIANA		V.PRUDENTE				
CLASSE	1º A	1º B	1º A	1º B	1º D	1º E	1º F
PERÍODO	M	M	V	V	V	N	N
MÉDIA DO GRUPO I	5,87	5,40	3,15	3,60	2,55	1,82	2,17
DESVIO PADRÃO	2,70	2,53	1,61	1,36	1,57	1,35	1,87
Nº DE ALUNOS	15	11	17	11	15	13	14
MÉDIA DO GRUPO II	5,38	5,07	3,88	3,36	2,02	1,78	3,02
DESVIO PADRÃO	2,84	2,23	1,72	1,81	1,30	1,48	2,09
Nº DE ALUNOS	12	17	15	18	11	13	11
MÉDIA DA CLASSE	5,65	5,20	3,49	3,45	2,32	1,80	2,54
DESVIO PADRÃO	2,68	2,27	1,70	1,55	1,46	1,39	1,99
Nº DE ALUNOS	27	28	32	29	26	26	25

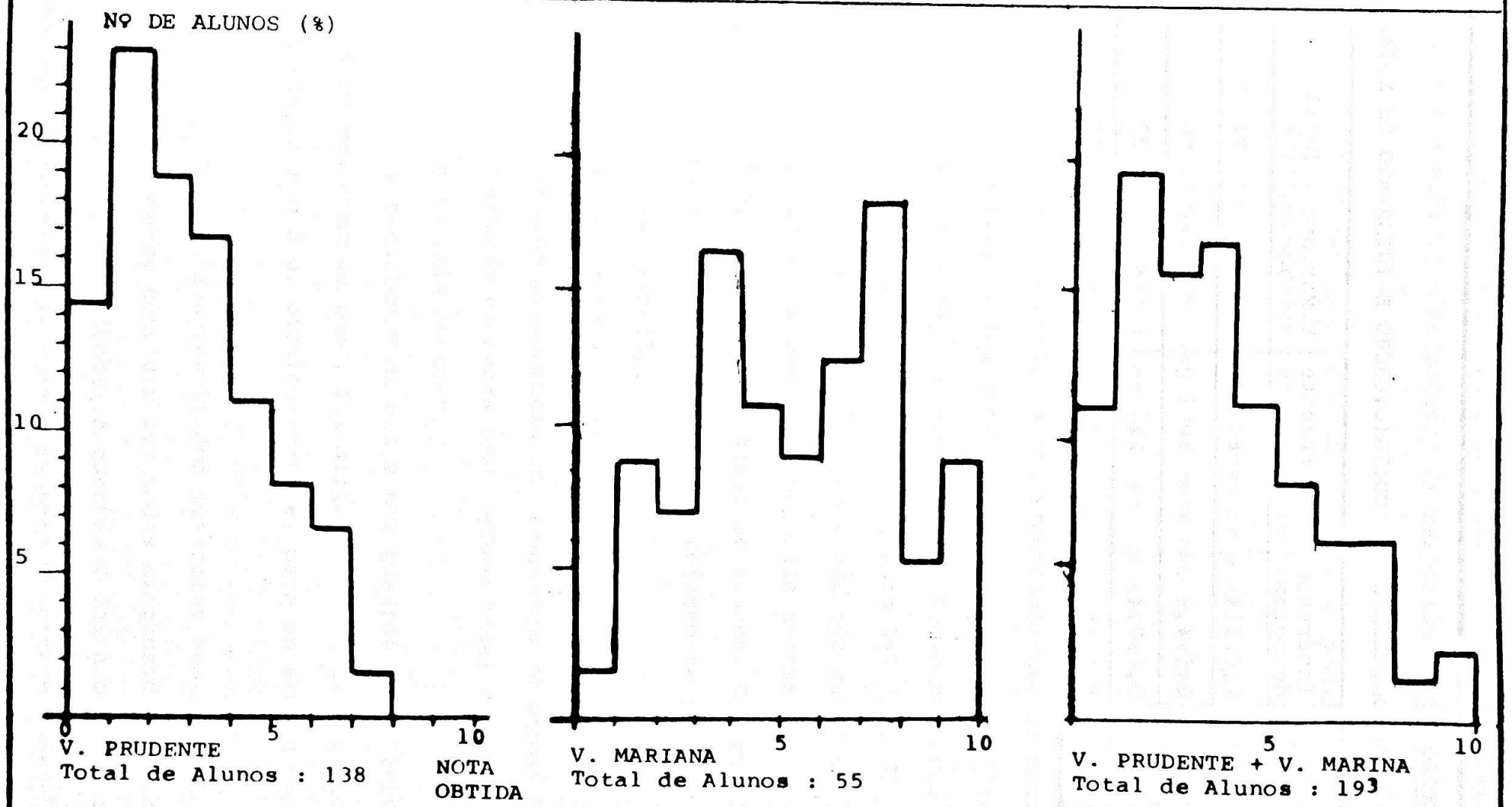
M- MATUTINO

V- VESPERTINO

N- NOTURNO

QUADRO 3-4

HISTOGRAMAS DAS NOTAS OBTIDAS EM VILA PRUDENTE E VILA MARIANA



QUADRO 3-5

NÚMERO DE ALUNOS POR COLÉGIO, GRUPO E INTERVALO DE NOTAS

GRUPO	Intervalo de notas	V.Prudente (138)	V.Mariana (55)	Total (193)
Grupo A	0,0/2,4	66	8	74
Grupo B	2,5/4,9	50	16	66
Grupo C	5,0/7,4	22	15	37
Grupo D	7,5/10	0	16	16

Em seguida, para cada questão, foram levantados, tabulados e classificados os padrões de respostas dadas pelo grupo total de alunos e pelos grupos A,B,C e D. Esses padrões de respostas encontram-se tabelados no Apêndice E (pag.140).

A partir dos padrões de respostas de cada questão foram construídos os seguintes quadros e gráficos:

- Quadro 3-6 (pag.70) onde são mostrados, para cada questão, os índices porcentuais de respostas certas, incompletas, erradas, sem respostas e incompreensíveis (ou inconclusivas, ou incoerentes, ou sem conteúdo, etc.). Para facilitar a visualização desses índices foram construídos os gráficos mostrados no Quadro 3-7 (pág. 71).
- Quadro 3-8 (pag. 72) onde são mostrados os índices porcentuais de respostas certas dos grupos A,B,C,D e do grupo total de alunos. Os gráficos mostrados no Quadro 3-9 referem-se a esses índices (pag. 73).
- Quadro 3-10 (pag.74 e 75) onde são mostrados os índices porcentuais de respostas de conteúdos semelhantes dadas pelo grupo total de alunos, para cada questão.

Os resultados exibidos nos quadros 3-4 e 3-10 mostram que a prova, como um todo, foi difícil para a maioria dos alunos dos grupos A e B e, particularmente, para os alunos de V. Prudente.

Através dos resultados mostrados nos Quadros 3-6, 3-7,3-8 e 3-9 , pode-se concluir que todas as questões foram difíceis para a maioria dos alunos. A questão 2 foi a mais fácil para a totalidade dos alunos, assim como para os grupos A,B,C e D; as questões 4b, 4a, 6 e 7 foram relativamente mais fáceis que as

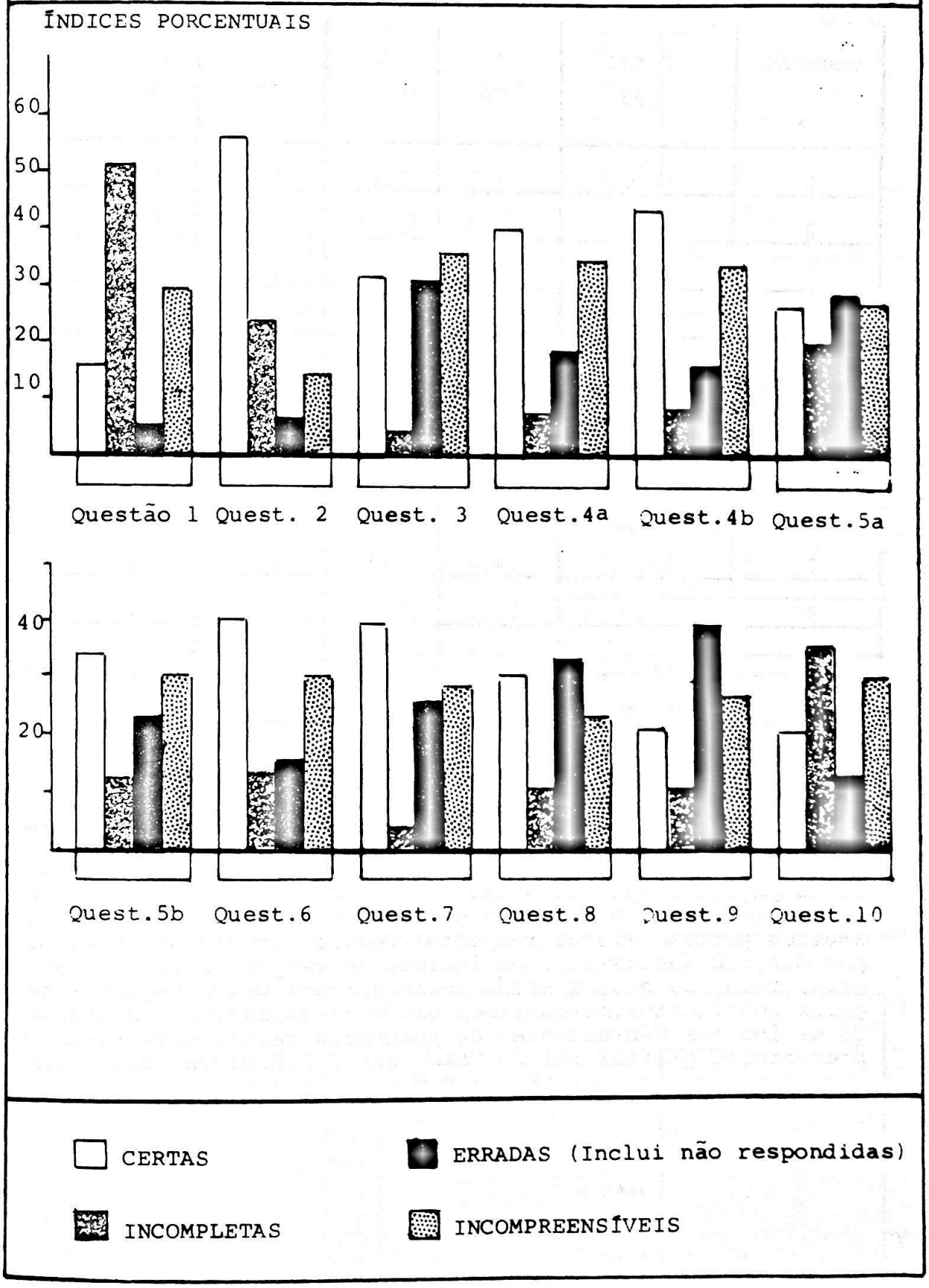
QUADRO 3-6

ÍNDICES PORCENTUAIS DE RESPOSTAS ERRADAS, SEM RESPOSTAS, INCOMREENSÍVEIS, INCOMPLETAS E CERTAS PARA CADA QUESTÃO.

Questão	Erradas	Sem resposta	Incompreensíveis	Incompletas	Certas	Total
1	2,6	2,1	28,0	50,7	16,6	100,0
2	0,5	5,7	13,5	23,8	56,5	100,0
3	22,3	7,8	36,3	2,1	31,6	100,1
4a	9,8	8,8	34,2	7,3	39,9	100,0
4b	6,2	9,3	33,2	8,3	25,9	100,0
5a	20,2	6,7	27,5	19,7	43,0	100,0
5b	14,0	8,3	31,6	12,4	33,7	100,0
6	0,5	15,0	30,6	13,0	40,9	100,0
7	13,5	13,5	29,0	4,7	39,4	100,1
8	28,5	5,2	23,8	10,9	31,6	100,0
9	33,2	6,7	26,9	10,9	22,3	100,0
10	4,7	7,3	29,5	36,8	21,8	100,1

QUADRO 3-7

ÍNDICES PORCENTUAIS DE RESPOSTAS CERTAS, ERRADAS, INCOMPLETAS E INCOMPREENSÍVEIS DE CADA QUESTÃO PARA O GRUPO TOTAL DE ALUNOS.



QUADRO 3-8

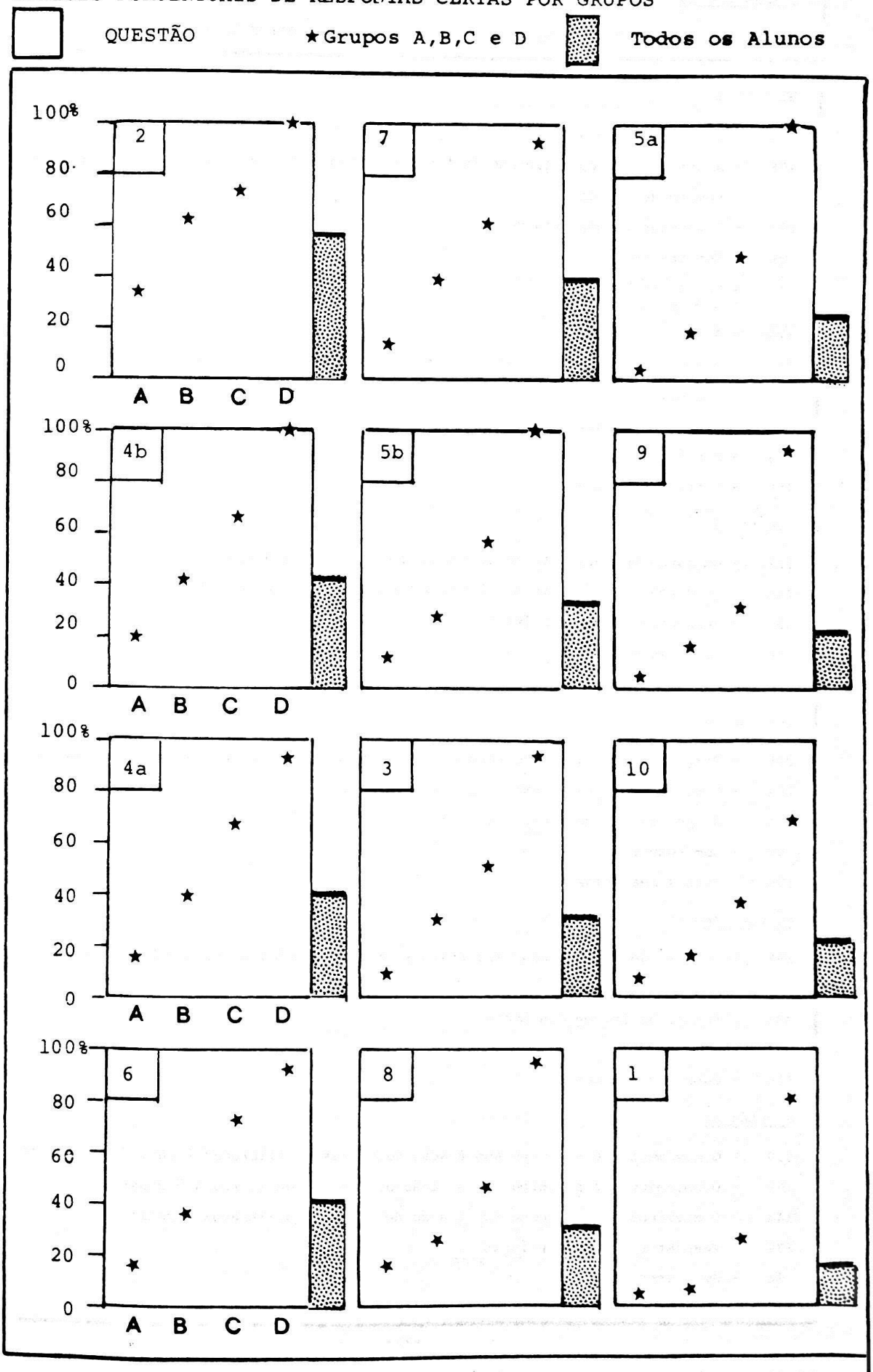
ÍNDICES PORCENTUAIS DE RESPOSTAS CERTAS DOS GRUPOS A,B,C,D e DO GRUPO TOTAL DE ALUNOS

Questão	Total (193)	A (74)	B (66)	C (37)	D (16)
1	16,1	4,1	7,6	27,0	81,3
2	56,5	33,8	62,1	73,0	100,0
3	31,6	9,5	30,3	51,4	93,8
4a	39,9	14,9	39,4	67,6	93,8
4b	43,0	18,9	42,4	67,6	100,0
5a	25,9	4,1	19,7	48,6	100,0
5b	33,7	12,2	28,8	56,8	100,0
6	40,9	17,6	36,4	73,0	93,8
7	39,4	14,9	40,9	62,2	93,8
8	31,6	16,2	25,8	45,9	93,8
9	22,3	5,4	18,2	32,4	93,8
10	21,8	6,8	18,2	37,8	68,8
Acerto médio	33,6	13,2	30,8	53,6	92,7

NOTA: Os índices acima estão representados graficamente na figura da página seguinte. Nessa figura cada retângulo corresponde a uma questão da prova. Para cada questão estão representados os índices porcentuais de respostas certas (ordenadas) para os grupos A,B,C,D (abcissas). Os índices de respostas certas para o grupo total de alunos estão representados pelos pequenos retângulos pontilhados. As questões estão ordenadas, por colunas, segundo os índices decrescentes de respostas certas. Essa forma de representação gráfica foi utilizada por J.L.A.Pacca (que a comunicou ao autor) juntamente com G.Moscati e P.Lucie para uma análise do vestibular da FUVEST de 1977.

QUADRO 3-9

ÍNDICES PORCENTUAIS DE RESPOSTAS CERTAS POR GRUPOS



QUADRO 3 - 10

PORCENTAGENS DE ALUNOS QUE DERAM DETERMINADOS TIPOS DE RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DA PROVA

Questão 1

49% - É necessária a aplicação de força para manter um corpo em movimento.

10% - A necessidade de aplicação de força para manter um corpo em movimento decorre da tência de atrito.

28% - Respostas incompreensíveis.

2% - Sem resposta.

1% - Outras respostas.

Questão 2

71% - A consequência de aplicar uma força sobre um corpo em movimento é modificar sua cidade.

13% - Respostas incompreensíveis

6% - Sem resposta

10% - Outras respostas

Questão 3

33% - Um corpo em movimento retilíneo uniforme está sob a ação de forças equilibradas.

18% - Um corpo em movimento retilíneo uniforme está sob a ação de forças constantes

36% - Respostas incompreensíveis

8% - Sem resposta

5% - Outras respostas

Questão 4a

24% - Forças equilibradas são forças que não modificam o estado de movimento de um cor

20% - Forças equilibradas são forças que se anulam.

34% - Respostas incompreensíveis

9% - Sem resposta

13% - Outras respostas

Questão 4b

29% - Forças não equilibradas modificam a velocidade e/ou a direção do movimento

18% - Forças não equilibradas são forças que não se anulam.

33% - Respostas incompreensíveis

9% - Sem resposta

11% - Outras respostas

Questão 5a

31% - O movimento de um corpo sob a ação de forças equilibradas é retilíneo e uniforme

19% - O movimento de um corpo sob a ação de forças equilibradas é constante.

14% - O movimento de um corpo sob a ação de forças equilibradas é retilíneo

27% - Respostas incompreensíveis

7% - Sem resposta

2% - Outras respostas

QUADRO 3-10 /CONTINUAÇÃO

Questão 5b

32% - O movimento de um corpo sob a ação de forças não equilibradas não é retilíneo uniforme

12% - O movimento de um corpo sob a ação de forças não equilibradas não é retilíneo

12% - O movimento de um corpo sob a ação de forças não equilibradas não é constante

32% - Respostas incompreensíveis

8% - Sem resposta

4% - Outras respostas

Questão 6

31% - Só forças não equilibradas são capazes de modificar o estado de movimento de um corpo

7% - Um corpo mantém o movimento retilíneo e uniforme se as forças forem nulas

6% - Inércia é a tendência de um corpo manter a velocidade constante

31% - Respostas incompreensíveis

15% - Sem resposta

10% - Outras respostas

Questão 7

39% - A variação de velocidade de um corpo dobra, se dobrar o intervalo de tempo e o corpo estiver sob a ação de uma força constante.

8% - A variação de velocidade de um corpo cai a metade, se dobrar o intervalo de tempo e o corpo estiver sob a ação de uma força constante.

29% - Respostas incompreensíveis

13% - Sem resposta

11% - Outras respostas

Questão 8

22% - A força aplicada a um corpo é constante se sua aceleração é constante

19% - A taxa de variação da velocidade é constante se a aceleração é constante

13% - A velocidade é constante se a aceleração é constante

24% - Respostas incompreensíveis

5% - Sem resposta

14% - Outras respostas

Questão 9

22% - A aceleração é constante se a força aplicada ao corpo for constante

12% - O movimento é retilíneo uniforme se a força aplicada ao corpo for constante

19% - O movimento é constante se a força aplicada ao corpo for constante

27% - Respostas incompreensíveis

7% - Sem resposta

13% - Outras respostas

Questão 10

35% - A aceleração é a razão $\Delta v/\Delta t$ (ou a variação de velocidade)

23% - A aceleração é consequência de aplicação de força sobre o corpo

29% - Respostas incompreensíveis

7% - Sem resposta

6% - Outras respostas

questões 5b, 3,8,5a,9,10 e 1 para a totalidade dos alunos e para os grupos A,B e C (Com exceção apenas da questão 8 para o grupo A e da questão 5b para o grupo C); para o grupo D apenas as questões 1 e 10 foram relativamente mais difíceis.

A dificuldade (ou facilidade) relativa de cada questão também pode ser observada através dos gráficos mostrados no Quadro 3-9 : as questões mais fáceis (no caso apenas a questão 2) apresentam a curvatura (concavidade) voltada para baixo, as questões de facilidade média praticamente não apresentam curvatura (questões 4b,4a, 6 e 7) e as questões relativamente mais difíceis apresentam a curvatura voltada para cima (questões 1,10 9,5a,8,3 e 5b); em cada caso, quanto maior a curvatura, mais fácil (ou mais difícil) a questão. Essa correlação permite conclui que o nível de dificuldade de cada questão em relação ao nível de dificuldade da prova como um todo foi relativamente o mesmo p ra os grupos A,B,C e D e para o grupo total de alunos, indicando que todas as questões serviram igualmente para classificar os al nos e que não é necessário analisar separadamente os grupos A,B C e D pois esses grupos, ponderadamente, estão refletidos no gru po total de alunos.

Em relação ao conteúdo da prova, o Quadro 3-10 mostra que aproximadamente a metade dos alunos pesquisados associa o movimento à ação de força (questão 1) e que aproximadamente 70% considera que a consequência da aplicação de força é modificar a velocidade. Esses resultados diferentes devem ser tributados ao fato da questão 1 ter apresentado problemas de interpretação de enunciado e de ser comum a resposta memorizada, o que também deve ser a causa das pequenas discrepâncias que aparecem em outras questões.

As respostas dadas às questões 3,4 e 5 mostram que 30% a 40% dos alunos associam o movimento retilíneo uniforme

a forças equilibradas e forças não equilibradas aos movimentos nos quais variam a velocidade e/ ou a direção do movimento. Aproximadamente 20% dos alunos reconhecem forças equilibradas como forças que se anulam e forças não equilibradas como forças que não se anulam; esses índices, entretanto, estão subestimados pois essas respostas foram dadas à questão 4, onde também se podia responder sobre forças equilibradas em relação ao movimento do corpo, o que realmente aconteceu para aproximadamente 25% dos alunos.

Nessas questões já começa a aparecer um padrão de resposta em que o *movimento constante* é associado ora ao movimento com velocidade constante, ora ao movimento com aceleração constante, ora ao movimento de um corpo sujeito à ação de uma força constante; assim aproximadamente 20% dos alunos afirmam que um corpo em movimento retilíneo uniforme está sujeito a forças constantes (questão 3), e que é constante o movimento de um corpo sob a ação de forças equilibradas (questão 5a) ou de forças constantes (questão 9) e que o movimento é constante se a aceleração é constante (questão 8).

As respostas dadas à questão 6, nas quais se percebe que muitos alunos deram respostas memorizadas, mostram que 7% dos alunos explica o princípio de inércia como decorrente da tendência de um corpo permanecer com velocidade constante (essa é a primeira parte do enunciado do princípio de inércia dado na pag. 6-5 do cap. 6 de Mecânica 1) e aproximadamente 30% de que o estado de movimento de um corpo só se modifica se houver a ação de forças não equilibradas (2a. parte do enunciado da pag. 6-5).

As respostas às questões 7,8,9 e 10 mostram que aproximadamente 45% dos alunos associa a aceleração à variação de velocidade (dos quais quase a metade a considera como taxa

de variação da velocidade) (questões 7,8 e 10). Esses índices estão subestimados, como pode ser percebido através das entrevistas, nas quais a maioria dos alunos foi capaz de calcular a aceleração de um corpo em um problema concreto, apesar de terem dificuldade em explicar o que é a aceleração. Uma questão numérica sobre o cálculo da aceleração colocada na prova poderia ter dirimido melhor essa dúvida; tal questão, entretanto, fugiria à proposta da prova de procurar verificar o conhecimento dos alunos sobre conceitos, leis e definições físicas. De qualquer maneira, parece que o aluno, ao trabalhar com o capítulo 6, aprende o algorítmo para calcular a aceleração, por ser esse cálculo necessário um número muito grande de vezes no cap. 6.

Ainda em relação às questões 8 e 9, aproximadamente 20% dos alunos considera que a força é constante se a aceleração é constante e vice-versa (questões 8 e 9) e aproximadamente 10% considera que o movimento de um corpo é retilíneo e uniforme se a força aplicada for constante (questão 9).

Os resultados da prova escrita indicam a necessidade de revisão do capítulo 6 do PEF. De fato, a maioria dos alunos deveria ser capaz de responder às questões formuladas, depois de cumprirem o programa do cap. 6.

A diferença entre os resultados obtidos em Vila Mariana e Vila Prudente, e entre os grupos A,B,C e D, indicam que existem outros fatores, além daqueles decorrentes apenas do material utilizado, que modificam os resultados da aprendizagem, como por exemplo as condições da escola, o desempenho do professor, o nível sócio-econômico dos alunos, em que situação do programa se encontram os alunos,etc, que não foram objeto de análise nesse trabalho.

3.5 CONTRIBUIÇÃO PARA A REVISÃO DO CAPÍTULO 6 DE MECÂNICA DO PEF.

Em decorrência dos resultados obtidos na prova - escrita, e levando em consideração as entrevistas realizadas com os alunos , os pontos do capítulo 6 que devem ser revistos são os seguintes:

I- A discussão sobre o princípio de inércia deve ser refeita e enfatizada a condição para que um corpo permaneça em movimento retilíneo uniforme. Deve ser notado que a frase 'manter um corpo em movimento' não é compreendida por muitos alunos. A explicação de como se pode eliminar o atrito por meio de "colchão" de ar não é suficientemente clara somente através da figura 1 do texto(os alunos de V. Mariana viram o funcionamento do disco de " nitrogênio líquido " enquanto que os de Vila Prudente não tiveram essa oportunidade; ver entrevistas de Mauro P. pag.112 ; Wilson R. pag.115 ; Emerson H. pag.116; Liliana Z. pag.119).

II- O conceito de forças equilibradas deve ser melhor discutido , pois este é um dos conceitos fundamentais que envolve o princípio de inércia. Aliás, o conceito de forças equilibradas foi também uma das dificuldades de versão preliminar pois os alunos só consideravam que as forças atuantes em um corpo estavam equilibradas se o corpo estivesse parado e que para corpos em movimento as forças não estavam equilibradas; essa dificuldade da versão preliminar, pensou-se que estava ligada à foto do cabo de guerra (fig. 2 do cap. 5, Movimento e forças) e à sua legenda, onde se afirma que em um cabo de guerra as forças estão contrabalançadas (ou seja, equilibradas) enquanto não houver deslocamentos, o que levou a que essa foto não fosse utilizada na versão comercial, pois acreditou-se que ajuda

va a fixar erradamente o conceito de forças equilibradas . Na verdade, percebe-se hoje, o conceito de forças equilibradas associadas a um corpo em movimento não é fácil de entender (pois é o próprio princípio de inércia !) .

III- O conceito de movimento constante foi elaborado por uma fração razoável de alunos, como movimento de velocidade constante, ou de aceleração constante, ou de movimento sob ação de força constante. Para que isso não ocorra, deve ser melhor discutido o que significa o movimento retilínio uniforme (e em particular o que significa um movimento uniforme) e o movimento com aceleração constante.

IV- As fotografias estroboscópicas do cap. 6 (principalmente as fig. 11, 12 e 14) não foram entendidas por muitos alunos (ver entrevista de Hélio S., pag.107, Rubens K., pag.109 ,). Elas devem ser melhor explicadas ou feitas novas fotografias de entendimento mais fácil.

As dificuldades dos alunos nas questões 7,8,9 e 10 se referem ao conceito de aceleração e à relação entre a força aplicada a um corpo e a taxa de variação de sua velocidade. Como foi discutido, a dificuldade em relação à aceleração se prende à verbalização e não ao cálculo; a dificuldade em relacionar força e aceleração, de certa maneira, é esperada pois esse assunto é complementado no cap. 7, "A segunda lei de Newton". Assim, a necessidade de revisão da parte final do cap.6 é menor que a parte inicial, que trata do princípio de inércia.

Uma análise do texto das páginas 6-1 a 6-5, que trata do princípio de inércia, mostra que o conceito de força é discutido de forma ambígua, o que também ocorre no resto do capítulo e que diversos conceitos (grifados adiante) são introduzidos sem explicação ou definição, o que pode ser uma das causas dos insucessos dos alunos. Inicialmente fala-se em relacionar o movimen

to e suas *causas*, em seguida em *ação* sobre um corpo, depois em empurrão (que é associado a *ação*) e finalmente em *ação de uma força*. Na discussão do princípio de inércia (seção 1) afirma-se que a velocidade de um corpo será mantida enquanto não existirem *causas da aceleração ou retardamento*. Concluído que um corpo pode manter o movimento retilíneo e uniforme sem a ação de força, afirma-se que no caso do movimento do disco sobre uma mesa (fig. 2 do texto), a *atração da Terra*, que o faria cair, *é anulada pela reação da superfície de apoio*, o que indica não haver *força não equilibrada* agindo sobre o disco e que, uma vez nesse *estado de movimento*, o disco só pode mudar a velocidade ou a direção do movimento se alguma *força não equilibrada* agir sobre ele. Para diminuir essas dificuldades, o conceito de força deve ser introduzido inicialmente de forma intuitiva como esforço muscular(empurrão ou puxão) e depois ampliado de modo a incluir todos os tipos de forças da natureza (eletromagnéticas e gravitacionais e, talvez, nucleares). As *causas* da maioria dos movimentos observados são forças; não é necessário contradizer essa observação mas sim mostrar que existem corpos que permanecem em movimento sem a aplicação de força.A conclusão de Galileu de que a velocidade de um corpo será mantida enquanto não existirem *causas de aceleração ou retardamento*, deve ser apresentada de maneira diferente, pois o conceito de aceleração ainda não foi introduzido, e o texto mudado para"... qualquer velocidade, uma vez adquirida por um corpo, será mantida enquanto não existirem causas para seu *aumento ou diminuição* ...". No caso do movimento do disco sobre a mesa, não é necessário falar em *atração da terra* e *reação da superfície de apoio*, mas simplesmente em *peso* do disco e *força exercida pela mesa* sobre o disco; para facilitar o entendimento de que essas forças se anulam, deve-se fazer um esquema vetorial simples dessas forças (não sendo necessária a introdução formal de gran

dezas vetoriais). *Estado de movimento* deve ser definido claramente como a direção e velocidade do movimento do corpo.

Finalmente, o conceito de *força equilibrada*, como já foi afirmado, deve ser melhor discutido, dividindo-o em dois aspectos: primeiro, estático, que é trivial e o segundo, dinâmico, que é mais complexo e se confunde com a própria discussão do princípio de inércia.

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 3

1- Não se pretende nesse trabalho analisar o curso de Mecânica do PEF. Uma descrição detalhada desse curso, conforme proposto por seus autores encontra-se no "Guia do Professor", Hamburger, E.W. et al , FENAME, Rio, no prelo. Nesse livro encontram-se os objetivos gerais do PEF e os objetivos da parte de Mecânica, programas, duração do curso, pré- requisitos necessários dos alunos, forma de trabalho dos alunos e do professor, o papel da avaliação do aluno, além de comentários e sugestões específicas para todas as secções de cada capítulo.

2- A aplicação do PEF através de um curso programado individualizado é analisada por A. G. Violin em "O Projeto de Ensino de Física (PEF)- Mecânica em um curso Programado Individualizado", dissertação de mestrado, IFUSP e FEUSP, São paulo, 1976.

3- Uma análise da sequência de conteúdo do PEF de Mecânica foi feita por Pacca, J.L.A., Análise do desempenho de alunos frente a objetivos do Projeto de Ensino de Física, dissertação de Mestrado, IFUSP e FEUSP, São Paulo, 1976.

4- Violin, A. G, O Projeto de Ensino..., op.cit.

5- Pacca, J.L.A., Análise do Desempenho..., op.cit.

6- Alavarenga, B. & Máximo, A., Física, vol. 1, Ed. Bernardo Alvares, B. Horizonte, 1969.

7- PSSC, Física, parte 1, Ed. EDART, São Paulo, 1970.

8- Galileu, em seu livro "Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno à Due Nove Scienze",ao analisar o problema de queda livre dos corpos,procede da seguinte maneira:primeiramente ele afirma ter descoberto através da experimentação algumas propriedades sobre o movimentode queda dos corpos (que a trajetória é uma parábola e que as distâncias percorridas por um corpo em queda livre abandonado do repouso em intervalos sucessivos e iguis de tempo estão na mesma rela-

ção dos números ímpares 1,3,5...).Em seguida Galileu propõe a discussão matemática de um movimento acelerado que exiba as características fundamentais de um movimento de queda livre;esse movimento é aquele em que são iguais os incrementos de velocidade em intervalos iguais de tempo.Finalmente mostra que os resultados preditos estão de acordo com as experiências

Galileu, ao definir a aceleração uniforme, afirma que um movimento é uniformemente acelerado se, partindo do repouso, adquire durante intervalos iguais de tempo, incrementos iguais de velocidade. Essa definição, por si só é arbitrária; o próprio Galileu afirma que o movimento uniforme acelerado poderia ser definido como aquele que, partindo do repouso, adquire incrementos iguais da velocidade ao percorrer espaços iguais. Galileu escolhe a primeira definição por ser mais simples e, mais importante, por ser útil na descrição da natureza.

9- Na versão comercial é utilizado o processo de calcular a velocidade instantânea pelo cálculo da velocidade média em um intervalo de tempo pequeno que contenha o instante desejado. Na versão preliminar, a velocidade média em um determinado intervalo de tempo foi considerada como uma boa aproximação da velocidade instantânea no instante médio desse intervalo. Isso causou muitas dúvidas e dificuldades aos alunos, principalmente pelo fato de não entenderem o que significa instante médio de um intervalo de tempo, confundindo-o com a posição média do trecho da trajetória do corpo correspondente ao intervalo de tempo.

10- Na versão preliminar o conceito de vetor é introduzido através da velocidade vetorial.Em seguida,para a determinação da aceleração de um corpo quando varia a direção do movimento é

introduzida a subtração vetorial de velocidades. A adição de grandezas vetoriais é introduzida através da composição de forças. Finalmente é discutido o vetor deslocamento.

Na versão comercial o conceito de vetor também é introduzido através da velocidade vetorial. Em seguida é discutido como representar graficamente grandezas vetoriais. A adição de grandezas vetoriais é discutida através da composição de forças e, a seguir, a multiplicação de uma grandeza vetorial por um escalar. A subtração de grandezas vetoriais é discutida utilizando-se grandezas vetoriais genéricas, como decorrente da propriedade A-B=A+(-B). Finalmente são discutidas a aceleração vetorial e a forma vetorial da 2a. lei de Newton. O material sobre grandezas vetoriais da versão comercial é considerado satisfatório pela equipe.

11- A pesquisa foi realizada durante outubro e novembro de 1975. Esse foi o primeiro ano de utilização regular de versão comercial da Mecânica do PEF. A pesquisa de J.L.A. Pacca (Análise do Desempenho...,op.cit) foi realizada nesses mesmos dois colégios em setembro e outubro de 1975. Exceto para as duas classes do colégio de V.Mariana, os alunos que participaram das pesquisas não foram os mesmos.

12- Apesar de não ter sido feito um levantamento socio-econômico, pode-se afirmar que os alunos do colégio de V.Mariana pertenciam, em termos econômicos, a extratos superiores da sociedade, enquanto que os alunos de V.Prudente pertenciam a extratos médios e inferiores.

13- A dificuldade de entendimento do significado de "manter", entretanto, não deve ser imputada como falha da prova pois esse termo é utilizado no próprio texto do PEF.

14- Pacca, J.L.A., op.cit, pag. 10.

15- Os textos das páginas 6.6 a 6.9 não foram objeto de questões de prova por tratarem de realização de um experimento simples : a verificação da lei de Hooke em uma mola helicoidal.

B I B L I O G R A F I A

1 - BERGER,M., Educação e Dependência, DIFEL, Porto Alegre,1976

2 - BITTENCOURT,D.R.S., Pré-Requisitos de Alunos Ingressantes no 2º Ciclo, Revista Brasileira de Física, Vol.especial nº 2, outubro de 1976, pág. 561

3 - BLOOM,B.S., Educational evaluation: New roles, new means, Univ. of Chicago Press, 1969

4 - BLOOM,B.S., et al, Taxionomia de Objetivos Educacionais: domínio cognitivo, trad. F.M. Sant'Anna, Globo, Porto Alegre, 1972

5 - BRUNER,J.S., O Processo da Educação, trad. de L.L.de Oliveira, Nacional, São Paulo, 1975

6 - CANIATO,R., Um Projeto Brasileiro para o Ensino da Física, tese de doutoramento, FFCL de Rio Claro, 1973

7 - CARVALHO,A.M.P., O ensino da Física na Grande São Paulo, tese de doutoramento, Faculdade de Educação da USP, São Paulo, 1972

8 - CARVALHO,A.M.P., Provas Objetivas, in Didática para a escola de 1º e 2º graus, Castro,A.D. et al, Pioneira,SP, 1976, pág. 177

9 - CRONBACH,L.S., Course improvement through evaluation,Teachers College Record, Vol. 64 No 8, may 1963

10- DIB,C.Z., Tecnologia da Educação e Sua Aplicação a Aprendizagem de Física, Pioneira, São Paulo, 1974

11- FLESHNER,E.A., O domínio de alguns conceitos em Física pelas crianças, tradução de Benedito Carneiro,in Textos do 363, nº 2, abril de 1976,IFUSP - São Paulo

[illegible]- FINLAY,G.C.,Secondary School Physics - The Physical Science Study Committee, American Journal of Physics, vol. 28, march 1960

13 - FREITAG,B.,Escola, Estado e Sociedade, EDART, S.Paulo, 1977

14 - HARLEN,W. A critical look at the classical strategy applied to formative curriculum evaluation, in Studies in Educational Evaluation, vol. nº 1,Spring, 1975

15 - HARLEN,W., Change and development in evaluation strategy in Tawney, D.A.(ed.), Curriculum evaluation today, London, MacMillan,1976

16 - HOLTON,G., Project Physics, a report on its aims and current status, The Physics Teacher, vol. 5, No 5, may 1967

17 - HOLTON,G. ;RUTHERFORD,F.J.;WATSON,F.G.,Development of a Secondary School Physics Program- Final Report, U.S.Department of Health,Education, and Welfare, mimeo.,U.S.A.,1972

18 - IANNI,O., Imperialismo e Cultura, Vozes, Petrópolis, 1976

19 - LEWIS,J., The Nuffield Physics Project,UNESCO, New Trends in Physics Teaching,op.cit., pag. 222

20 - LEWY,A. e SHYE,S., A facet analytical approach to defining educational evaluation,Israel Curriculum,Center Jerusalem, 1974

21 - LEWY,A., A Prática De Avaliação Dos Currículos, Ministério Israelense De Educação e Cultura, trad. V. Maluf, CENAFOR, mimeo., 1975, pg. 2

22 - LOCKARD,D.,Eighth Report of the International Clearinghouse on Science and Mathematics Curricular Developments 1972, Science Teaching Center,Univ. of Maryland, USA

23 - MURAMATSU,M.,Produção, utilização e avaliação de filmes didáticos de Física, dissertação de mestrado,IFUSP e FEUSP, 1976

24 - OLIVEIRA,J.S.A., Tecnologia educacional: teorias da instrução, Vozes, Petrópolis, 1976

25 - PACCA,J.L.A., Análise do desempenho de alunos frente a objetivos do Projeto de Ensino de Física, dissertação de mestrado, IFUSP e FEUSP, São Paulo, 1976

26 - PACCA,J.L.A., Um curso para treinamento de professores, Revista Brasileira de Física, vol. especial nº 2, outubro de 1976, pág. 367

27 - PARLETT,M.e HAMILTON,D. Occasional Paper - 9, Evaluation as Illumination: a new approach to the study of Innovatory programs, Centre for Research in the Educational Sciences- University of Edinburgh 1972

28 - PEF, Mecânica 1, FENAME, Rio, 1974

29 - PEF, Mecânica 2, FENAME, Rio, 1974

30 - PEF, Eletromagnetismo, FENAME, Rio, 1975

31 - PEF, Guia do Professor, FENAME, Rio, no prelo

32 - PEF, Guia do Professor, 2a. versão preliminar, dezembro 1973, IFUSP

33 - PEF, Mecânica, versão preliminar, 10 v., IFUSP, 1970, 1971, 1972 .

34 - PIAGET,J., Psicologia e Pedagogia, trad. D.A.Lindoso e R.M. da Silva, Forense, Rio, 1970

35 - PIAGET,J., Para Onde Vai a Educação ?, trad. I.Braga, José Olympio e UNESCO, Rio, 1973

36 - POPHAN,W.J., Curriculum Materials, Review of Educational Research, vol. 39, No 3, june 1969, page 331

37 - ROGERS,E.M., The Nuffield Project, Physics Today, vol. 20 No 3, march 1967, pag. 40 a 44

38 - PSSC, Guia do Professor, vol. 1, FUNBEC e CECISP, São Paulo, 1967

39 - PSSC, Física, parte I, EDART, São Paulo, 1970

40 - PSSC, Physical Science Study Committe - A Planning Conference Report, Physics Today, vol.10, No 3, march 1957.

41 - SANTOS,P.U.M., et al, Um cronômetro barato, Revista Brasileira de Física, vol. 1, nº 1, abril de 1971, pág. 187

42 - SBF, Ensino médio - novos currículos, Boletim nº 4, dezembro 1970.

43 - SBF, II Simpósio Nacional de Ensino de Física Atas, Belo Horizonte, 1974.

44 - SBF, Relatório e Recomendações das Comissões de Ensino, Boletim vol. 2, nº 2, dezembro de 1971.

45 - SCRIVEN,M.,The methodology of evaluation in AERA Monograph Series on Curriculum Evaluation No 1,Rand McNally Chicago, 1967, pag. 39

46 - SMITH,N.L.,e
MURRAY,S.L.,The status of research on models of product development and evaluation, Northwest Regional Educational Laboratory, august 1974

47 - STAKE,R.E. The Countenance of Educational Evaluation, in Teacher College Record, vol. 68, nº 7, pag. 538 april 1967

48 - STAKE,R.E.,Objectives, priorities and Other judgment data, Review of Educational Research, vol. 40, No 2, april 1970

49 - STAKE,R.E.,Program evaluation, particulary responsive evaluation, Univ. of IIIinois, Urbana, 1973

50 - STRASSENBURG,A. The process of designing and evaluating new physics courses and curricula,trend paper nº 13, in International Conference on Physics Education, Edinburgh july 29 - august 6, 1975

51 - TABA,H., Curriculum Development: Theory and Practice, Harcourt Brace, New York, 1962

52 - TASSARA,E. et al, Avaliação de filmes didáticos de Física, Revista Brasileira de Física, vol. 3, 1973, pág. 603

53 - TAWNEY,D. (ed) Curriculum Evaluation Today, Londres MacMillan, 1976

54 - III Simpósio Nacional sobre o Ensino de Física, Revista Brasileira de Física, vol. especiais, números 1, 2 e 3, julho e outubro de 1976

55 - TYLER,R.W., Princípios Básicos de Currículo e Ensino, trad. L. Vallandro, Globo, Porto Alegre, 1976

56 - UNESCO, New trends in Physics teaching, vol. 1, (1965/1968), Paris

57 - UNESCO - IBECC, Física da Luz, Experiências e Gráficos, mimeo., São Paulo, 1964

58 - VIOLIN,A.G., O Projeto de Ensino de Física (PEF) - Mecânica em um Curso Programado Individualizado, dissertação de mestrado, IFUSP e FEUSP, São Paulo, 1976

59 - WELCH,W.W., Curriculum evaluation, Review of Educational Research, vol. 39, No 4, october

60 - WESTBURY,I. Curriculum Evaluation, in Review of Educational Research, vol. 40, nº 2

APÊNDICES

APÊNDICE A - "ATAS" DAS REUNIÕES DE PLANEJAMENTO DO PEF.

CURRÍCULO NACIONAL

2a. Reunião* - 13/08/70

1) Idéias Principais:

a) O curso deve ser desenvolvido em fascículos semanais durante 2 anos, supondo-se 3 aulas semanais de 40 minutos (120 minutos por semana)

b) O curso será organizado em 4 semestres:

1º semestre - Mecânica

2º semestre - Calor e Eletricidade (I)

3º semestre - Eletricidade (II)

4º semestre - Ondas e Estrutura da Matéria

Nota: Existe um acordo geral que deve existir um semestre de Mecânica e um semestre sobre Física Moderna (Estrutura da Matéria). Os outros semestres são passíveis de mudanças e não são definitivos.

c) O 1º semestre (Mecânica) deve tratar de: trajetória, velocidade, aceleração, sistemas de referência, (Vetores), quantidade de movimento, energia - Forças e campo gravitacional.

2) Programação para o 1º semestre:

a) Objetivos

Chegou-se a conclusão que o objetivo final do curso no 1º semestre é que o aluno saiba trabalhar com os conceitos de quantidade de movimento e energia. O 1º semestre pode ser dividido em 3 blocos que devem levar a este objetivo:

I - trajetória - velocidade - aceleração - vetores

II- fôrça - campo gravitacional

III- quantidade de movimento - energia

Presentes : Diomar, Plínio, Violin, Hideya, Ernst.

CURRÍCULO NACIONAL

3a. Reunião - 17/08/1970 - manhã

Ficou decidido que seria incluído mais um tópico no 1º semestre. (IV - Complementos e Revisão). Em paralelo ao curso, estariam textos suplementares para suprir alunos ou classes, melhores dotados.

Sugeriu-se colocar no texto "blocos de programação", para o aluno ter visão de onde partir, o caminho e a meta final. Esses "blocos" deveriam sair da programação anteriormente feita para o curso.

Resolvemos iniciar nossos trabalhos, definindo operacionalmente os objetivos do 1º semestre.

Pergunta:- Explique em termos de quantidade de movimento e de energia os seguintes fenômenos: a) movimento de satélites; b) queda de corpos no ar; c) movimento de um corpo preso a uma mola elástica e sobre uma superfície horizontal, sem atrito; d) colisão elástica de duas bolas.

Resposta:- A velocidade do satélite diminue, quando ele se afasta da Terra, porque a energia potencial do sistema Terra-Satélite aumenta, já que a soma da energia cinética e potencial é constante em um sistema que pode ser considerado isolado. Há outras formas de energia que não estão sendo consideradas (calor, energia eletromagnética, energia nuclear etc.)

A quantidade de movimento do satélite não é constante, visto que está sujeito à força de

* ão foi feita "ata" da 1a. reunião (10/08/70).

atração gravitacional da Terra, que produz uma aceleração dirigida para o centro da Terra, alterando a cada instante, $\vec{v}$ e $m\vec{v}$.

b) A energia mecânica do sistema Terra-corpo, não se conserva, porque há atrito com o ar.Não há conservação da quantidade de movimento enquanto a resultante for diferente de zero.A quantidade de movimento conserva-se depois que a resultante é igual a zero.

c) A energia mecânica do sistema conserva-se; a quantidade de movimento do corpo não é conservada. (O corpo não é um sistema isolado).

d) A energia mecânica e a quantidade de movimento do sistema conservam-se antes, durante e depois da colisão elástica.

Em seguida, fizemos uma relação dos conceitos necessários para atingir o objetivo final.São eles: Energia Potencial, Energia Cinética, outras formas de energia, sistema isolado, conservação de energia, quantidade de movimento, força, resultante, atrito, atração gravitacional, colisão elástica.

Depois tentamos colocar os conceitos em termo decrescente de complexidade.

a) Energia Potencial - Campo

b) Energia Cinética

c) Quantidade de movimento

d) Força

e) Movimento - Variação de velocidade - velocidade - Sistema de referência

f) Massa - Tempo - Espaço

Foi encerrada a reunião.

Presentes: Ernst, Plínio, Paulo, Hideya, Judite e Violin.

CURRÍCULO NACIONAL

4a. Reunião - 18/08/1970 - tarde

A reunião teve o objetivo principal de decidirmos a forma de desenvolvimento do curso.

Ficou decidido que a forma de desenvolvimento de curso deveria ser feita em fascículos por aula ou semana. O fascículo deve ser uma unidade dentro do curso. As perguntas no texto seriam divididas em três partes:

a) De caráter geral que seriam respondidas no guia do professor.

b) De caráter específico, que seriam respostas no próprio texto.

c) De verificação, que seriam respondidas no fascículo seguinte.

Além dessas perguntas, haveria testes por tópico.

Admitindo-se que alguns professores não conseguissem cumprir o programa pré-estabelecido,deveríamos sugerir que seguissem com o curso e algum tópico, sugerido por nós, deveria ser pulado.

Presentes: Ernst, Paulo, Diomar, Plínio, Judite, Jesuina, Hideya e Violin.

CURRÍCULO NACIONAL

5a. Reunião - 20/08/1970

Da reunião anterior, faltou especificar que, para facilitar a distribuição, os fascículos deveriam ir juntos. As folhas de respostas deveriam ser colocadas de forma que o aluno não ter acesso imediato às mesmas.

Em seguida tentamos especificar operacionalmente o conceito de energia potencial. Depois de discutirmos, resolvemos que o aluno deveria responder às seguintes perguntas:

P: Diga se nos sistemas abaixo existe energia potencial e qual a sua expressão:

R- a) Satélite da Terra - existe - $G \frac{M}{R}$

b) Pêndulo Simples - existe - m.g.h.

c) Mola - existe - $\frac{1}{2} K x^2$

d) Queda de um corpo - existe - m.g.h.

e) Bolas que colidem - depende

f) Corpo livre - não existe

P: O que é energia potencial ?

R- Um sistema, entre cujos componentes existem forças, é capaz de produzir movimento. Se em um dado instante o sistema está em repouso, a energia potencial do sistema é igual à energia cinética total que o sistema é capaz de produzir.

Presentes: Paulo, Hideya, Plínio, Diomar, Ernst e Violin.

CURRÍCULO NACIONAL

6a. Reunião - 24/08/1970 - manhã

1) Foi discutido o problema de uma especificação mais detalhada dos objetivos. Os participantes concluiram que deveríamos continuar especificando em termos gerais e, uma especificação mais detalhada, seria feita em uma terceira etapa.

2) Quanto à profundidade e duração do curso. O grupo deve preocupar-se fundamentalmente em decidir o mínimo necessário para se atingir o objetivo, sem preocupação de tempo, ou seja, se necessário deveríamos prolongar o tempo do curso para mais de um semestre, em prejuízo dos ìtens seguintes, pois o sucesso dos mesmos depende do sucesso deste.

3) Quanto à forma de se chegar à energia potencial. Pode-se começar a sugerir ao aluno, a existência da energia potencial, e levá-lo automaticamente a aceitar a idéia de conservação, se partirmos de experiência onde haja conservação da energia cinética antes e depois de uma interação. Experiências: lançamentos de corpos na vertical, colisão com mola, (colisões lentas)etc. Daí deve-se tirar imediatamente a "idéia" de energia potencial como uma capacidade do sistema produzir movimento. Ficará mais claro que energia potencial é uma forma de energia que está sempre ligada à força de interação.

Para determinação quantitativa da energia potencial depois de entendido o"processo", pode-se introduzir a noção de trabalho como medida da energia transferida ou transformada. Deve-se em seguida, contar que este trabalho também pode ser calculado:

$$\Gamma = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Em seguida, procurar tratar os problemas em termos de conservação que já foi introduzido.

4) Especificação operacional de Energia Cinética.

P: Em quais dos sistemas abaixo existe energia cinética e qual a sua expressão ?

a) Corpos em movimento (salientar sistema de referência) - existe - $\frac{1}{2}mv^2$

b) Corpos parados - não existe.

A energia cinética seria introduzida através de exemplos simples onde o aluno percebesse que o trabalho realizado por um corpo qualquer, sobre outro, depende da massa do corpo e de sua velocidade. Poder-se-ia chegar mais próximo de v^2, utilizando a "máquina da velocidade" (plano linado onde a altura pode ser relacionada com a velocidade com que o corpo chega ao solo). guida a fórmula exata seria fornecida.

entes: Ernst, Plínio, Violin.

CURRÍCULO NACIONAL

7a. Reunião - 24/08/1970 - tarde

No início da reunião foi discutido a proposta da reunião anterior. Em termos gerais, tudo foi aceito.

Passamos em seguida a tentar elaborar uma "máquina de velocidade" e um medidor de tempo simples.

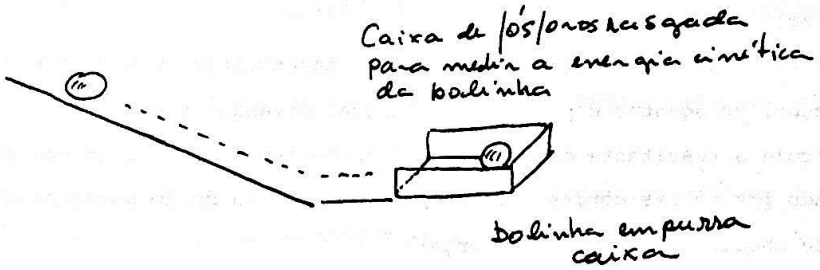
Como "máquina de velocidade", tentamos um plano inclinado (Kit colisões) e como medidor de tempo: vazão de água da torneira, pêndulo etc.

Chegamos à conclusão de que a vazão de água da torneira, seria um bom relógio, no entanto, seria impraticável na maioria dos colégios.

Observamos que a máquina de velocidade seria útil também para colisões e conservação de energia.

Foi proposto que usaremos como relógio, vazão de água de uma lata com furo.

Presentes: Ernst, Paulo, Plínio, Diomar, Violin.



CURRÍCULO NACIONAL

8a. Reunião - 26/08/1970 - manhã

Quantidade de Movimento

I) Esp. Operacional

P_1- A quantidade de movimento de um satélite em órbita terrestre é constante ?

R_1- Não, porque o sistema não é isolado e está sujeito a uma força externa.

P_2- Em uma colisão frontal de dois veículos a quantidade de movimento total se conserva ?

R_2- Depende das condições.

P_3- Quando um foguete explode existe conservação da quantidade de movimento ?

R_3- a) Para um Δt muito pequeno - sim

b) Para um Δt grande - se o foguete for um sistema isolado.

P_4- Dois corpos escorregando numa superfície horizontal sem atrito se chocam. Verificar se há conservação da quantidade de movimento .

R_4- O aluno verifica.

P_5- Explique, em termos da quantidade de movimento, o movimento de um foguete .

R_5- A quantidade de movimento adquirida pelos gases é a mesma adquirida pelo foguete, em sentido contrário.

II) Quanto a forma de chegar a quantidade de movimento.

Deve-se procurar de início, por meio de exemplos qualitativos que a massa e a velocidade são importantes na descrição do movimento. Algumas idéias de conservação já podem ser exploradas e discutidas.

Em seguida, são estudados exemplos quantitativos da conservação da quantidade de movimento.

III) Sugestões de materiais a serem utilizadas

a) pêndulo - usando, inicialmente, choques inelásticos

b) fotografias estroboscópicas

c) carrinhos tipo PSSC

Presentes: Paulo, Violin e Diomar.

CURRÍCULO NACIONAL

9a. Reunião - 26/08/1970 - noite

Força

I) Especificação Operacional

P_1- Nos exemplos abaixo identifique as forças que atuam sobre os corpos e dê as suas características e seus efeitos (segue uma série de exemplos como):

a) Colisão central elástica de duas esferas

b) Movimento de um corpo preso a uma mola elástica

c) Queda de corpos no ar

d) Movimento de satélites, etc.

R_1- O aluno dá as características de direção, sentido e intensidade, bem como especifica os pontos de aplicação, os agentes e pacientes da força, citando os efeitos que ela produz.

P_2- Nos exemplos calcule a resultante das forças aplicadas (em repouso e em movimento). Exemplos: bloco puxado por várias cordas numa superfície; queda de um paraquedista, etc.

II) Quanto a forma de chegar ao conceito de Força:

A idéia inicial é a de força como esforço muscular, que pode acelerar ou deformar um corpo. Depois se estudaria forças exercidas por molas e medida de força pela distenção de molas; e, por meio da 2a. e 3a. Leis de Newton, o estudo de corpos acelerados.

Material a ser utilizado:

1- Mola

2- Fotografia de corpos acelerados

3- Estilete vibratório a ser testado (pelo Hideya)

Presentes: Hideya, Diomar.

CURRÍCULO NACIONAL

10a. Reunião - 31/08/1970 - tarde

I) Esp. operacional de movimento, variação velocidade, velocidade, sistema de referência.

P_1- Determine as características dos movimentos dos seguintes corpos:

a) Satélite da Terra

b) Corpo preso e uma mola horizontal

c) Movimento de um projétil

II) Quanto à forma de chegar à cinemática:

Deve-se introduzir inicialmente a idéia de força, deslocamento, composição vetorial e simultaneamente desenvolver-se a cinemática já vetorialmente, sendo a cinemática escalar um caso mais simples.

Presentes: Paulo, Hideya, Violin, Plínio, Hamburger, Diomar.

Sistemas de Referência

De início, lembrou-se que o conceito de sistema de referência (como um conjunto de normas, corpos, etc. que permite determinar a posição e o movimento de corpos) deve acompanhar todo o desenvolvimento da cinemática.

Deve-se ressaltar a diferença entre sistema de referência e o observador visual fixo num determinado ponto do sistema, desde que tal consideração não traga confusão ao aluno principiante.

· Presentes: Plínio, Hideya, Diomar.

CURRÍCULO NACIONAL

12a. Reunião - 04/09/1970 - noite

Massa, tempo e espaço: estes conceitos devem formar o primeiro capítulo do curso. O capítulo introdutório seria motivador e trataria do problema do satélite da Terra de forma a colocar problemas.

Para manter a motivação durante mais tempo deve ser proposto um painel em que cada grupo desenha em escala, a órbita de um satélite previamente escolhido, anotando todas as características que calcular ou descobrir durante o curso.

Deve-se pensar na possibilidade de se encontrar um modelo mecânico simples da órbita, que o aluno possa construir durante o curso.

I) Em alguma parte do curso o aluno deve aprender a construir elípses e suas propriedades.

II) Como espaço e tempo são fundamentais serão tratados inicialmente. A massa sairia juntamente com forças, devido o tempo do curso. A abordagem seria não operacional. Deveriam considerar a massa como conceito intuitivo.

Especificação Operacional de: Tempo e Espaço

P_1- Meça o tempo de queda de uma pedra da altura de 3 metros, usando o cronômetro de areia. Avalie o desvio de suas medidas.

P_2- Utilizando uma régua, calcule ou determine áreas de figuras, corpos de forma geométrica conhecida,

Ex: triângulos, retângulos, cubos, prismas etc.

P_3- Determine o volume dos mesmos sólidos da questão anterior por meio de deslocamento de água e compare os resultados. Discuta os erros envolvidos em ambos os métodos.

Quanto a forma de chegar a tempo e espaço:

O aluno deve trabalhar operacionalmente com estes conceitos, medindo quantidades, construindo gráficos de calibração e avaliando os desvios de suas medidas.

Nota: A construção de gráficos já deve ser salientada como p. ex. o gráfico massa x volume, altura x nº de arruelas.

Adendo:

Especificação operacional de massa (caso necessário).

P_1- Verifique se há conservação da massa na experiência do Alka-Seltzer e indique aproximadamente os desvios relativos de suas medidas em "clips" e em gramas.

P_2- Explique as vantagens de se considerar "massa" como medida da matéria e não o volume, após medir a massa e o volume de vários corpos de mesmo material.

Presentes: Plínio, Diomar.

APÊNDICE B_1: A AVALIAÇÃO DO PEF EM VILA BARCELONA

A primeira versão dos capítulos 1,2 e 3 do PEF de Mecânica (Órbita de um Satélite, Medidas de espaço e Medidas de tempo, e o protótipo do cronômetro de areia foram ensaiados em uma escola oficial de Vila Barcelona (São Caetano) em novembro de 1970. Esse ensaio teve por objetivo verificar a viabilidade de aplicação do PEF e levantar dados para uma revisão do material.

O ensaio foi realizado com 29 alunos (21 meninos e 8 meninas), de idade entre 14 e 15 anos, que frequentavam a 4a. série do período diurno do antigo ginásio (atual 8a. série do 1º grau) e compareceram voluntariamente à escola nas manhãs de 8 e 12 de novembro de 1970, que não foram dias letivos.*

O professor de Ciências desses alunos era o Sr. L.M.Mantovani, que utilizava em seu curso o livro do IPS (Introdução à Física, EDART, São Paulo, 1969).

O ensaio foi avaliado pela própria equipe do Projeto; para isso foram feitas observações em sala de aula e recolhidos os fascículos, os desenhos de órbita do satélite e os gráficos de calibração dos "cronômetros de areia". Para a observação em sala de aula não foi preparado nenhum instrumento especial de observação. Isso ocorreu porque não se tinha idéia do que realmente ocorreria com a aplicação do material. Dessa maneira, cada observador fez as anotações que julgou convenientes sobre a utilização do material. As anotações da maior parte dos observadores encontram-se hoje perdidas; os resultados apresentados a seguir foram retirados de algumas anotações remanescentes.

O ensaio foi realizado na sala-laboratório de Ciências. Os alunos trabalharam em grupos de três ou quatro alunos, o professor não teve dificuldade em organizar esses grupos pois essa era a forma de trabalho normal dos alunos em seu curso de Ciências.

Na tabela abaixo estão registrados o horário e o ponto dos textos no qual a maioria dos estudantes estavam trabalhando.

<u>08/11/70</u>

9 h 20 min. - início dos trabalhos
10 h 10 min. - término do cap. 1
10 h 20 min. - início do cap. 2
10 h 55 min. - trabalhavam na questão 11, quadro II
11 h 15 min. - trabalhavam na questão 17
12 h 15 min. - término dos trabalhos, chegaram ao fim do ítem 11-4

<u>12/11/70</u>

8 h 40 min. - início dos trabalhos, ítem 11-5, cap. 2
9 h 20 min. - término do cap. 2
9 h 30 min. - início do cap. 3
11 h 40 min. - término do cap. 3
11 h 45 min. - sugestão de utilização do cronômetro de areia: medida do período de um pêndulo simples
12 h 10 min. - término dos trabalhos

As dúvidas e dificuldades dos alunos que surgiram no decorrer do trabalho estão anotadas na tabela abaixo:

---

*8/11 foi domingo, 12/11 não foi dia letivo pois a escola estava sendo preparada para as eleições de 15/11/1970.

CAPÍTULO 1

1- Os pontos da órbita devem ser marcados na fig. 1-1 ou na folha de papel milimetrada anexa ?

2- É necessário constar as coordenadas ao lado de cada ponto marcada no gráfico ?

3- Um aluno lançou abcissas positivas no eixo (-) x .

4- Os alunos notaram que o ponto T que representa a Terra ficou fora da órbita.

5- Os alunos tiveram dificuldade em traçar a linha que define a órbita; como sugestão podem usar a régua dobrável de vinil.

CAPÍTULO 2

1- Não entendem a questão P6 no que se refere à "medida até uma determinada casa decimal".

2- A medida feita na questão P7 deve ser feita com régua ?

3- Um aluno respondeu para a questão P7 "2,7u" porque diz não conhecer a escala da régua desenhada.

4- No cronômetro desenhado na fig. II-4a, pág. II-4, qual escala indica minutos e qual indica segundos ?

5- Qual comprimento da gilete deve ser medido: o comprimento do fio ou o comprimento total ?

6- Não foi bem entendida a frase "repita os procedimentos anteriores", colocada logo após a questão P28.

CAPÍTULO 3

1- Não identificaram na questão P8 se o menor intervalo de tempo devia ser medido com o cronômetro ou lido no gráfico de calibração.

2- A questão P9 causou muitas dúvidas.

3- O exercício de medida do período de um pêndulo feito ao término do capítulo 3 mostrou que os alunos relacionam o período do pêndulo diretamente à sua amplitude.

Em relação ao "cronômetro de areia" os alunos não tiveram dificuldades em sua utilização; os protótipos não apresentaram problemas de funcionamento.

Terminados os ensaios, os textos, desenhos da órbita do satélite e os gráficos de calibração do cronômetros de areia foram recolhidos* e analisados pelos membros da equipe.

Todos os alunos fizeram o desenho da órbita; desses desenhos, 4(14,3%) podem ser considerados maus, 11(39,3%) podem ser considerados regulares e 13(46,4%) podem ser considerados bons. Todos os alunos fizeram corretamente o gráfico de calibração.

As respostas dos alunos às questões do texto foram corrigidas pela equipe; os resultados dessa correção estão tabulados na página seguinte.

De posse dos dados obtidos através da aplicação do PEF, a equipe chegou às seguintes conclusões em relação ao ensaio de V. Barcelona:

1- O material que vinha sendo produzido era de boa qualidade, de for geral, e aplicável nas condições normais de uma escola secundária . Assim, o ensaio planejado para 1971 deveria ser efetivamente conduzido.

2- Os textos dos capítulos 1,2 e 3 deveriam ser revistos nos pontos que causaram dúvidas e dificuldades aos alunos.

*Esses textos, desenhos e gráficos encontram-se arquivados no IFUSP.

PEF/70 - PRIMEIRO TESTE-VILA BARCELONA-CAPÍTULOS I,II, e III - 8 e 12 de NOVEMBRO de 1970

QUESTÕES		Nº DO CADERNO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
CAP. I	R1	E	E	I	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	E	E	I	I	I	I	I	I	I	I	E	I	C	I	I
	R2	E	E	E	I	C	E	E	C	I	I	E	I	I	E	E	E	I	I	I	E	E	I	E	C	I	E	E	I	E
CAP. II	R1	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R3	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C
	R4	E	C	E	C	C	C	E	C	C	E	C	E	C	C	C	C	C	C	C	E	E	C	C	C	C	C	C	C	E
	R5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R6	C	C	C	C	C	I	I	E	I	I	I	I	I	I	I	C	C	E	C	E	I	E	E	I	C	C	C	C	C
	R7	?	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	C	E	C	C	C	C
	R8	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R9	C	C	C	C	C	C	C	E	C	I	I	I	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	C	C	C
	R10	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C	C	C	C
	R11	E	C	E	C	C	C	E	C	C	E	E	C	C	C	E	E	E	C	E	E	E	C	E	E	E	E	C	C	E
	R12	C	C	C	C	E	C	E	C	C	C	C	C	E	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	E	C
	R13	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R14	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R15	C	C	E	C	C	C	C	E	I	E	I	C	C	I	E	C	C	C	C	C	I	I	C	C	C	C	C	C	C
	R16	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R17	E	E	E	I	C	C	C	C	C	C	C	E	E	C	C	C	E	C	C	C	C	C	E	E	C	C	E	C	E
	R18	E	C	E	C	C	C	E	C	C	E	C	E	E	C	C	E	E	C	E	E	E	C	I	E	I	E	C	C	C
	R19	C	C	C	C	C	I	C	C	E	C	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R21	I	I	C	I	C	C	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	E	C	E	C	E	E	I	I	I	E	E	I	I
	R22	E	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	E	E	C	E	E	C	C	C	E	E	C	C	C	C	C	E	C	E
	R23	C	I	I	I	C	C	I	C	C	C	C	E	E	C	E	C	C	C	C	?	C	C	E	E	I	C	E	C	E
	R24	I	I	C	I	I	C	C	I	I	I	C	E	I	I	E	C	I	I	E	C	C	I	I	I	I	C	E	E	I
	R25		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	I	I	C	I	C	E	E	E	I	I	I	I	E	E	E	I
	R26		C	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R27		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	R28		C	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C	C	C	E	C	C	C	C	C	C	C	C
	R29		C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C	C	E	E	C	E	C	C	C	C	C	C	C	E	E	C
	R30		C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	E	C	I	C	E	C	C	E	E	E	E	C	C	C	I	E	E	E
	R31		I	E	C	I	C	C	C	C	I	C	E	C	I	I	E	C	C	E	E	E	E	C	C	C	C	E	C	E
CAP. III	R1	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	R2	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	R3	C	C	C	?	C	E	?	E	C	C	C	C	?	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	R4	C	C	C	C	C	C	I	I	I	C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	R5	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	I	C	C	C	C	C	C	
	R6	C	C	E	E	C	E	C	C	C	C	C	I	I	I	I	C	E	E	?	E	I	E	C	C	C	C	C	C	
	R7	C	C	I	I	C	C	E	I	I	I	C	C	C	E	I	I	I	E	I	I	I	C	C	E	E	I	C	I	
	R8	E	E	?	E	E	C	E	E	E	E	C	E	E	I	C	C	C	C	C	I	C	C	E	E	E	I	C	I	
	R9	E	I	C	I	I	E	I	E	I	I	?	?	I	?	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	?	I	E	I	

CERTAS (C), ERRADAS (E), INCOMPLETAS (I), INCOMPREENSÍVEIS (?)

APÊNDICE B_2: A AVALIAÇÃO DO PEF NA GRANDE SÃO PAULO

A versão preliminar de Mecânica (textos e equipamentos experimental) foi ensaiada durante os anos letivos de 1971 e 1972 em aproximadamente uma dezena de escolas da Grande São Paulo, tendo envolvido 1215 alunos e 11 professores de 12 colégios em 1971 e 2140 alunos e 10 professores de 9 colégios em 1972, tendo os seguintes objetivos:

- Levantar dados para a revisão dos textos e dos materiais experimentais.
- Determinar as condições de aplicação do Projeto.
- Conhecer as opiniões de professores e estudantes sobre o PEF.
- Determinar as dificuldades dos professores em relação à utilização do PEF.

No ano de 1971 foram ensaiados os capítulos 1 a 5 da versão preliminar. No ano de 1972, os capítulos 1 a 5 foram novamente ensaiados por novas turmas que passaram a utilizar o PEF, enquanto que os capítulos 6 a 8 passaram a ser utilizados pelas turmas do ano anterior que continuaram a aplicação do PEF.

O levantamento de dados foi feito através da observação em sala de aula realizada pelos professores aplicadores, recolhimento de parte dos fascículos com as respostas dadas pelos alunos, resultados de provas e exames, discussões sobre o curso em reuniões mensais dos professores aplicadores com os membros da equipe e respostas de questionários por professores e alunos.

Alunos e professores receberam no início da aplicação do Projeto a instrução de que as respostas deveriam ser dadas à tinta e não mais modificadas, pois constituiriam uma das fontes principais de dados para a análise do Projeto; nesse sentido elas não serviriam como avaliação do aluno, mas apenas do Projeto.

Para a leitura das respostas às questões foi tentado inicialmente o uso de computador; para isso, o aluno deveria responder a questão do texto e, em seguida, através de um "código de respostas", isto e, de uma série de respostas possíveis para cada questão, perfurar em um cartão de computador a alternativa correspondente à sua resposta.

Esse procedimento, contudo, foi rapidamente abandonado porque os alunos tinham dificuldades em interpretar o "código de respostas" e em perfurar o cartão de computador. Além dessas dificuldades, o uso do cartão e do "código de respostas" interferiu muito na dinâmica da sala de aula. Esperava-se que os alunos perfurassem o cartão logo após responderem a questão, antes de discutí-la com seus colegas de grupo ou o professor, o que levou muitos alunos a utilizarem o "código de respostas" como se fosse um teste de múltiplas alternativas do qual deveria ser escolhida a alternativa correta.

Com a desistência do uso do computador, os fascículos passaram a ser recolhidos nos períodos de férias escolares e lidos diretamente pela equipe. No ano de 1971 foram recolhidos e posteriormente devolvidos aos alunos trezentos exemplares de cada fascículo, um por equipe de quatro alunos. Em 1972 foram recolhidos principalmente os exemplares dos capítulos 5 a 8.

Da análise das respostas dos alunos, feita pela equipe , não existe hoje nenhum registro. Da mesma maneira, foram elaboradas pela equipe provas de avaliação dos alunos, cujos resultados não existem mais, assim como os questionários passados a alunos e p

sores não foram tabulados, mas apenas analisados de forma impressionista.

Para a observação em sala de aula não foi preparado nenhum instrumento especial de observação porque o observador seria o próprio professor aplicador e poderia atrapalhar sua atuação em sala de aula. Assim, foi preparado um "diário de classe" do PEF no qual deveriam ser feitas anotações suscintas sobre a aplicação do Projeto. Entretanto, apesar de sua simplicidade, o diário de classe não foi preenchido pela maior parte dos professores, que alegaram já ter suficiente burocracia em suas próprias escolas e que poderiam dar verbalmente essas informações nas reuniões com a equipe.

Os relatos quase diários feitos pelos professores da equipe que aplicavam o PEF de Mecânica em suas próprias escolas secundárias (Lima e Violin em 1971, Rodrigues e Pieri em 1972) constituiram a maior parte das informações utilizadas para a revisão do material.

As observações feitas pelos outros professores aplicadores, relatadas em reuniões aproximadamente mensais com a equipe, vieram confirmar as observações feitas pelos professores da equipe. Em 1971, a equipe do projeto ainda não possuia secretaria ; por isso não foram feitas "atas" das reuniões desse ano, mas apenas anotações pessoais, que hoje encontram-se perdidas em sua maioria.

Em 1972, já com o auxílio de uma secretária, foram feitas sete reuniões com os professores aplicadores no Instituto de Física da USP.* Os resultados apresentados na página foram extraídos das "atas" dessas reuniões.

Como já foi dito, as reuniões com os professores aplicadores pouco contribuíram para o levantamento de dados para a revisão dos textos e dos materiais experimentais pois, em geral, vinham apenas confirmar dados já obtidos pelos membros da equipe que aplicavam o PEF. Entretanto, para os outros objetivos da avaliação— a determinação das condições de aplicação do PEF e das dificuldades dos professores para sua aplicação, bem como as opiniões de alunos e professores sobre o Projeto — as reuniões foram absolutamente essenciais.

A maior parte das salas de aulas nas quais foram realizados os ensaios eram comuns, isto e, sem pias, armários, tomadas elétricas, bancadas, etc, e equipadas com carteiras fixas ou móveis. No caso de carteiras móveis o trabalho em grupo foi mais facilitado do que quando as carteiras eram fixas, apesar de nesse caso ser ainda possível. Em geral, o professor se deslocava de sala em sala levando consigo o material experimental, o que é desconfortável.

A sala de aula ideal para a aplicação do PEF é aquela equipada com mesas planas e bancos, quadro negro e armário para guardar o material e para qual os alunos se dirigem, seja para o trabalho experimental quanto para o teórico.

A duração das aulas nos ensaios foi de 50 minutos para o período diurno e 40 minutos para o período noturno.** Em qualquer caso, observou-se que a duração da aula é curta, principalmente para arealização de experiências.

---

*As reuniões foram feitas nos dias 12/3, 13/4, 18/5, 28/6, 17/9, 18/10 e 26/11.Somente a reunião de 18/10 não teve "ata".

*A duração da aula nos colégios oficiais de São Paulo é presentemente de 45 minutos nos períodos diurno e noturno.

O quadro abaixo mostra o número de aulas semanais dos colégios oficiais nos quais foi ensaiada em 1971 e 1972, a parte de Mecânica do PEF; os espaços não preenchidos correspondem às série nas quais o PEF não foi aplicado.

COLÉGIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1a. série	0	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
2a. série	4	3	3				2	2			
3a. série	4										

O número de aulas semanais foi de duas ou três, na maioria dos colégios oficiais nos quais o PEF foi ensaiado em 1971 e 1972.

Nessas condições, em 1971, o curso foi dado até o capítulo 5 em todos os colégios ensaiados . Esse fato, entretanto, decorreu de a equipe só ter produzido, em - 1971, os capítulos de 1 a 5, e de, muitas vezes, no caso dos capítulos 4 e 5, a aplicação em classes mais adiantadas atrasar por falta de material.

Em 1972, para as novas classes que iniciaram a aplicação do PEF, não houve o problema de falta de material; para as classes que continuaram a aplicação, entretanto, o problema persistiu, pois a equipe produziu durante o ano letivo de 1972 apenas as versões preliminares dos capítulos 6 a 8 e atrasou a entrega dos materiais.

O quadro abaixo mostra a relação entre o número de aulas semanais e os capítulos ministrados nos colégios oficiais ensaiados em 1972.

Colégio	1	2	3	4	4	5	5	6
Nº de aulas semanais	3	3	4	3	3	2	2	2
Capítulos ministrados	1a?	1a6	1a8	1a5	6a8	1a6	6a8	1a7

As dificuldades dos professores para a aplicação da versão preliminar do PEF, além daquelas decorrentes de problemas do próprio texto, se referem principalmente a dois fatores: pré- requisitos dos alunos e condições das escolas.

I- pré-requisitos dos alunos:

- Muitos alunos não sabem ler e extrair informações de um texto.
- Os alunos não estão acostumados ao trabalho ativo em classe, nem ao trabalho em grupo.
- Muitos alunos não sabem efetuar operações artméticas e cometem muitos enganos.
- Principalmente nas turmas noturnas, os alunos são muito heterogêneos em termos de conhecimentos e habilidades.

II-Condições das escolas:

- Número insuficiente de aulas semanais de Física (duas ou três).
- Pequena duração da aula noturna (40 minutos em 71/72).
- Não poder exigir (ou mesmo pedir) o trabalho em casa para os alunos do curso noturno, cuja maioria trabalha o dia todo.
- Frequentes interrupções de aulas por causa de festividades, reformas de prédio, eleições, etc.
- Baixa frequência de alunos aos sábados.

- Falta de salas de laboratório nas escolas.
- Faltas de recursos para a impressão de provas, exercícios, etc.

As opiniões de alunos e professores sobre o PEF foram obtidas de maneira informal. Em geral, essas opiniões foram favoráveis com exceções em dois casos; no primeiro, um professor afirmou que o PEF era muito moroso e que não haveria tempo para dar óptica, acústica, termologia, hidráulica, etc; no segundo caso, um professor que em 1972 passou a trabalhar em duas escolas de São Caetano que tinham participado do ensaio no ano anterior começou utilizando o PEF, alternando uma aula expositiva com uma aula de trabalho dos alunos com o PEF, e pouco depois, abandonou a aplicação do PEF, argumentando que tinha acabado de se formar e estava interessado em "dar aulas", isto é, ministrar aulas expositivas.

Conclusões sobre a avaliação da versão preliminar na Grande São Paulo:

De posse dos dados obtidos através da aplicação da versão preliminar da parte de Mecânica do PEF, a equipe chegou às seguintes conclusões:

1- Os textos deveriam ser revistos nos pontos que causaram dúvidas e dificuldades aos alunos.

2- As condições das escolas, apesar de não serem ideais, permitem a aplicação do PEF.

3- A receptividade dos alunos e professores ao PEF, em geral foram boas.

4- As dificuldades dos professores para a aplicação do PEF, inclusive aquelas oriundas apenas de deficiências do texto, indicam a necessidade de elaboração de um guia para o professor, além de possivelmente, a realização de cursos de treinamento de professores.

Dúvidas e dificuldades dos alunos na utilização da versão preliminar de Mecânica

Capítulo 1

1- Os alunos tem dificuldades de leitura e não estão acostumados a trabalhar por conta própria. (Essas duas dificuldades , em geral, permeneceram até o capítulo 3).

2- Alguns alunos tiveram dificuldades para marcar pontos em um sistema de eixos ortogonais.

3- Os algarismos muito espaçados da tabela 1 (pág. 1-2) induzem alguns alunos a supor que se tratam de quatro ou cinco números independentes. Como sugestão, as colunas da tabela poderiam ser encabeçadas por P (x;y).

Capítulo 2

1- O professor não precisa distribuir giletes para os alunos medirem seu comprimento; essa medida pode ser feita no desenho impresso no fascículo (pág. 2-5).

2- A questão Q24 (pág. 2-6) causou muitas dificuldades: os alunos não entenderam a questão.

3- Alguns alunos tiveram dificuldades em determinar o raio da Terra (questão Q33, pág. 2-8).

Capítulo 3

1- Os alunos se atrapalham com medidas dadas em milímetros, pois só estão acostumados com centímetros.

2- Apesar de terem entendido o capítulo 2, os alunos esquecem de representar medidas até o algarismo duvidoso.

3- A figura 3 da pág. 3-3 leva o aluno à falsa impressão que a curva do gráfico que deve obter não contém nenhum dos pontos experimentais.

4- Alguns cronômetros não tem areia suficiente para um tempo de escoamento maior que 15 segundos.

Capítulo 4

1- Os alunos tem dificuldades em conversão de unidades: muitos sabem transformar km/h em m/s , mas não o inverso.

2- Os alunos tem dificuldade em interpretar gráficos.

3- Alguns alunos não tem o conceito de velocidade; um deles,por exemplo, afirmou:"A velocidade é 1,5 segundos".

4- O gráfico da velocidade X tempo da página 4-14 ofereceu dificuldades. Em quatro classes de um professor, nenhum aluno refez o gráfico como é sugerido ao final da página 4-16.

5- Muitos alunos não entenderam o conceito de velocidade instantânea.(Em reunião realizada no IFUSP dia 27/6/71, na qual compareceram aproximadamente trinta estudantes para discutir e opinar sobre o projeto que vinham utilizando, o conceito de velocidade instantânea e a maneira de calculá-la foram consideradas as maiores dificuldades que eles e seus colegas tiveram até o capítulo 4.)

Capítulo 5

1- Muitos alunos não entenderam o princípio de inércia; um deles afirmou: "Quando a bolinha chega no fim da rampa, chega a inércia."

2- Os alunos continuam com dificuldades na interpretação de gráficos.

3- Os alunos fixaram fórmulas como d=vt, que utilizam mesmo quando a velocidade é variável.

4- A metade final do capítulo é muito difícil por depender muito das partes anteriores.

5- Apesar de os alunos julgarem o capítulo muito fácil, principalmente em sua parte inicial, - muitos não aprenderam os conceitos de inércia e de aceleração.

Capítulo 6

1- A figura 2 causou alguma dificuldade porque Belém ficou fora do mapa. (Isso ocorreu por falha de impressão).

2- A questão Q10 é muito difícil pois envolve muita coisa de uma só vez.

3- Os alunos se confundiram na determinação da variação da velocidade vetorial (págs. 6-5,6-6, Q16 a Q22). É a primeira vez no curso que se pede que os alunos aceitem algo sem entender.

4- A análise da figura 9 (pág. 6-7) consumiu muito tempo; ao final muitos alunos tinham perdido o fio da meada.

5- A questão Q25 (pág. 6-7, fig. 9) é muito difícil.

6- Apesar de terem trabalhado sem dificuldades em classe, muitos alunos não fixaram o conceito de vetor deslocamento.

Capítulo 7

Em caráter experimental esse capítulo foi impresso em preto e laranja com o objetivo de verificar se a programação visual dos textos poderia ser beneficiada com a utilização de uma cor. Além disso, foi também ensaiado o sistema de fornecer no próprio texto as respostas às questões, mascaradas sob uma mancha gráfica colorida, e que se tornam visíveis quando vistas através de um filtro de celulóide colorido, e que não foi aprovado

1- Os alunos tiveram dificuldades em distinguir peso e massa.

2- Os alunos tiveram dificuldades com potências de dez no final do capítulo.

3- O quadro da página 7-20 é insuficiente para o entendimento das leis de Kepler e atração universal.

4- Muitos alunos acham que no caso da atração gravitacional de duas massas, a massa maior atrai com força maior.

Capítulo 8

1- Apesar de não ter transparecido nenhuma dificuldade óbvia, até o fim da primeira parte do capítulo (pág. 8-8), os alunos não conseguiram conceituar o que é quantidade de movimento.

2- Nos exemplos das figuras 1 e 2, a massa unitária induz alguns alunos que ocorre transferência de velocidade e não de quantidade de movimento.

APÊNDICE C - EXTRATOS DAS ENTREVISTAS REALIZADAS COM OS ALUNOS *,**

HÉLIO S. (15a-V.M.-10,0)***

Pergunta: Como funciona o disco de "gelo seco" ? (Fig. 1, pág. 6-2)

Resposta: Com a pressão exercida com a liberação dos gases ele praticamente anula o atrito por causa da pequena camada de gás que se forma em baixo.

Como foi tirada a fotografia mostrada na figura 2 ? (pág. 6-2)

Uma máquina vai tirando várias fotografias em espaços regulares enquanto o corpo vai andando. Você tem na mesma fotografia, várias vezes a máquina recebe a luz refletida pelo corpo em várias posições.

Explique o princípio de inércia.

O princípio de inércia é uma lei natural física que afirma que todo corpo parado permanece parado se nenhuma força desequilibrada atuar sobre ele e se ele estiver em movimento ele permanece na direção do movimento e na mesma velocidade também se nenhuma força desequilibrada agir sobre ele.

Porque os corpos param, no caso dos movimentos que observamos ao nosso redor ?

O atrito com o chão. No caso do carro, muitas vezes o atrito com o ar.

Você já conhecia o princípio de inércia, antes do seu curso de Física ?

Foi uma coincidência que eu já tinha estudado isso. Numa feira de Ciências, acho que da oitava série, eu tinha feito um trabalho sobre o princípio de inércia.

Naquela epoca, você achou estranho o princípio de inércia ?

Bastante, principalmente no caso da minha experiência em que eu tinha um corpo e quando eu acelerava ele devagarzinho o corpo ia, quer dizer, eu acelerava rapidamente e o barbante quebrava. Realmente é um negócio estranho.

Você teve dificuldades de entendimento das fotos 11 e 12 ? (pág. 6-11)

Não, só o problema de medida mesmo, de achar o triângulo certo.

Qual foi a referência que você usou para fazer as medidas dessa foto (fig. 12, pág. 6-11), os pinos ou os triângulos ?

Os triângulos, realmente está muito confuso.

Você é capaz de determinar agora o comprimento da mola nessa figura ? Mostre como você faria. (fig. 12, pág. 6-11)

(O procedimento é correto, suas resposta é quatorze centímetros).

As fotografias estroboscópicas lhe pareceram confusas ?

A primeira vez que eu vi, sim. Depois, lendo a apostila não achei mais.

Você se lembra o que concluiu sobre essa foto (fig. 12, pág. 6-11) em relação a força e variação de velocidade ?

---

* As respostas dos alunos estão transcritas tal qual foram respondidas; a pontuação das frases foi feita com o objetivo de facilitar o entendimento.

** No Apêndice D (128 a 139) estão reproduzidas as respostas dadas à prova pelo grupo de alunos que foi submetido à entrevista.

*** As informações entre parênteses se referem, nessa ordem, à idade do aluno (V.M. Vila Mariana ou V.P. Vila Prudente) e nota obtida na prova escrita.

Que uma força constante, determinada pela mola sempre com o mesmo comprimento, determina uma aceleração constante.

E em relação as fotos mostradas na figura 14 ? (pág. 6-14)

Determina uma relação proporcional entre o aumento da força e o aumento da aceleração.

Você teve dificuldades com o capítulo 1 ?

Não, esse assunto de gráficos nos já tínhamos visto antes e foi muito fácil.

E com o capítulo 2, Medidas de Espaço ?

Tive uma pequena dificuldade em relação ao número de significativos, depois eu entendi.

E com o capítulo 3 ?

Não.

E o capítulo 4, Movimento Uniforme ? Foi aqui que surgiu a primeira foto estroboscópica.

Acho que pouca gente teve dificuldades com fotos estroboscópicas.

O capítulo 5 é o de velocidade média e instantânea. Você teve problemas ?

Eu tive um problema de início com velocidade instantânea, principalmente para tentar entender a idéia de velocidade instantânea, que é de velocidade num ponto. Também, depois, como você vai medir a velocidade através de uma velocidade média num trecho, que na verdade não é uma medida precisa da velocidade instantânea.

Você notou alguma diferença fundamental entre os primeiros cinco capítulos e o sexto, ou então, entre os primeiros seis e os outros, da segunda série de apostilas, que você está estudando agora ?

Agora, mais para a frente ? Eu acho que sim. Nas primeiras três ou quatro teve realmente só recordação, não teve praticamente nenhuma novidade. Depois teve início com idéias como velocidade instantânea, que são idéias mais técnicas, não são propriamente leis físicas, mas são coisas que a gente vai utilizar. A partir, acho que da sexta, que realmente começou a física mesmo, começou as leis físicas, como utilizar tudo que a gente aprendeu.

Você acha que na segunda série de apostilas os conceitos são mais complicados ? Você os entendeu ?

Não sei, é difícil dizer que você entendeu uma fórmula que tem velocidade ao quadrado. Eu confesso que me sinto meio confuso quando vejo uma coisa assim, que eu não consigo direito abstrair. Eu consigo aplicar, eu faço, só pegar as fórmulas. Por exemplo, eu não entendi realmente a diferença entre quantidade de movimento e energia cinética. Eu sei que a quantidade de movimento é um vetor e que a energia cinética não é um vetor. Eu não consigo entender como a energia cinética não é um vetor, eu não consigo diferenciar as duas coisas. Quantidade de movimento eu peguei bem a idéia, mas a energia cinética me confunde tanto.

O que você achou, em geral dos exercícios de aplicação ? Fáceis ou difíceis ?

Não, eu acho que os exercícios de aplicação estão bastante bons. Acho que eles pegam bem a matéria.

O que você acha das respostas das questões estarem impressas no próprio texto ?

Em geral, ajuda. Atrapalha para alguns, para mim ajuda.

O que você achou de se colocar questões no meio do texto ? Você preferiria um texto normal, só de leitura ?

difícil responder. Em Física, pelo menos eu só tive esse tipo de estudo. Pensando bem, eu acho esse tipo de texto ajuda.

Você usa um livro em Química ? Em qual você acha que aprende mais ?

Como livro texto eu acho o de Física melhor. Mas tem uma diferença, aquele lá, se eu quiser me adiantar na matéria, eu posso chegar e ler ; nesse sentido talvez ele (Química) seja melhor. Mas como fixação de matéria, ele dá um negócio e vinte exercícios e, por isso, na aula de Química existe muito mais exposição teórica. Então, se considerar isoladamente esse livro (PEF) ensina mais, pois dá mais possibilidade do aluno ir pegando a coisa e não dar toda a matéria e depois vem os exercícios. Eu acho que os exercícios acoplados com a matéria andando, pelo menos independe do professor, isso é bastante bom. Agora, se o professor consegue suprir a deficiência do livro, pode acontecer das duas coisas se equipararem.

* * *

RUBENS K. (15a - V.M. - 9,4)

O que você achou dessa prova que você fêz ?

Um pouco mais difícil que as outras porque por escrito os conceitos que a gente tem é meio difícil mesmo.

Você escreveu na prova que a aceleração é uma mudança constante da velocidade de acordo com o tempo gasto no percurso. O que você chama de mudança constante da velocidade ?

A velocidade vai variar com valores iguais em intervalos de tempos iguais.

Pode ocorrer que a variação de velocidade não seja constante com o tempo ?

Pode, se a força mudar a aceleração não será constante.

Você achou estranho o princípio da inércia ?

Um negócio muito estranho porque onde a gente vive tem atrito, essas forças não equilibradas que atrapalham o movimento dos corpos. Eu nunca pensei nisso que um corpo permaneceria em movimento retilíneo e uniforme. Foi quase um impacto, depois que fui estudando, fui vendo que é um negócio muito lógico, mas no começo foi bem estranho.

Você é capaz de me explicar essa foto ? (fig. 2, pág. 6-3).

É uma fotografia estroboscópica que é o seguinte: uma câmara fica com o diafragma aberto e se o filme receber luz vai registrar. Então soltam-se "flashes" sucessivos em intervalos de tempos iguais e essa luz faz com que a foto registre, cada momento, a posição disso que está em movimento; então, numa mesma fotografia tem o mesmo objeto em cada fase do movimento dele. Nessa fotografia dá para ver assim por cima que a distância entre um e outro é mais ou menos igual e como entre um "flash" e outro o tempo era igual, quer dizer que a velocidade é constante.

No enunciado do princípio de inércia não surge a palavra inércia. Você é capaz de explicar o que é inércia ?

Isso aí eu sempre me compliquei: Depois numa apostila vem que um corpo tem mais inércia que outro, isso me complicou tudo. Mas eu acho que inércia é uma espécie de capacidade de um corpo manter seu movimento retilíneo e uniforme.

A inércia de um corpo, por exemplo, está relacionada ao fato de a gente ser lançado para a frente quando um ônibus é freiado. Como você explica isso para alguém ?

Porque tanto o ônibus quanto quem está dentro está com uma certa velocidade, se o cara está parado no ônibus tem a mesma velocidade. Então, pelo princípio de inércia, quando o ônibus breca, a tendência do passageiro é continuar em movimento retilíneo e uniforme. Por isso ele continua um pouco até que o atrito com o chão pare ele.

Daria para você determinar o comprimento da mola nessa foto ? (fig. 12- pág. 6-11)

Aí não conseguiria não, parece tudo uma mola só.

E se eu disser que uma extremidade da mola está presa no pino e que a outra é indicada pelo triângulo, você consegue saber onde a mola começa e onde termina ?

Não sei, é muito confuso.

Qual a conclusão que se chega com essa fotografia ? (fig. 14, pág. 6-14)

Que uma certa força F produz uma certa aceleração em um corpo de determinada massa. Se esse corpo sofreu o dobro da força, não precisa ser o dobro, que qualquer multiplicação dessa força, a aceleração vai sofrer a mesma multiplicação. Aqui se a aceleração fosse a, aqui seria 2a e a qui 3a. Acho que é isso.

O que você achou dos exercícios de aplicação ?

Depois de ver toda a matéria eu sempre achei muito fáceis. Um ou outro tem problema maior, mas em geral são fáceis.

Você encontrou dificuldades nas apostilas anteriores, de 1 a 5 ?

As apostilas até o número 4 foram fáceis. Até estava todo mundo reclamando que estava achando a matéria muito devagar. A quinta e a sexta já começa com alguns conceitos novos e aí sim complica um pouco, se bem que pelo texto dessas apostilas fica sempre muito fácil porque eles vão introduzindo devagarzinho, um conceito aqui, até que eles introduzem tudo. Mas as quatro primeiras foram fáceis, a cinco e seis, foram pouco mais complicadas porque começaram com conceitos. Mas as seis primeiras não foram difíceis.

E a partir da sétima, você notou alguma modificação ?

Sim, primeiro que, não sei se o professor começou a apressar, mas a gente começou a sentir que as coisas mais importantes iam vindo mais rápido. Começou também a complicar um pouco; além de ter conceitos novos, bem mais complicados, o tipo de exercício, tudo era mais complicado. Da sete em diante parece uma coisa completamente diferente.

O que você acha do fato das respostas das questões estarem impressas no texto ?

Eu não gosto muito porque sempre você apela para isso quando não está conseguindo. Eu não precisei disso, mas se engrossar um pouco vou apelar para isso. É preferível que não tenha resposta e o professor dê depois. Aqui pede muito números, aproximação, quantas casas, é nisso que a gente vai lá ver.

* * *

MARISTELA G. (15a. V.M., 9,1)

Explique o princípio da inércia.

O princípio da inércia diz que um corpo, ele está parado quando não está agindo força sobre ele e quando ele entra em movimento é porque uma força fez ele começar a andar. Se o espaço onde ele está correndo não estiver com atrito, for um espaço liso, ele vai correr indefinidamente mesmo depois tirando essa força e vai andar em linha reta com velocidade constante. Se agir sobre ele uma força contrária ele poderia parar ou diminuir sua velocidade.

O que é aceleração de um corpo ?

Aceleração de um corpo, quando ele está submetido a forças não equilibradas, há uma variação de velocidade num certo tempo. Se, por exemplo, um corpo entra em movimento. Ele está em repouso, a velocidade é igual a zero, ele entra em movimento acelerado, ele é submetido a uma força, então se depois de 2 segundos ele está com velocidade de 10m/s, então a variação nessa velocidade se

ria a velocidade final menos a inicial, seria 10m/s dividido pelo tempo em que houve a variação, 2 segundos, então daria 5 metros por segundo ao quadrado que é a aceleração.

O que é inércia de um corpo ?

Eu já me perguntei várias vezes isso, e tinha dúvidas em responder. É como uma propriedade do corpo que ele só vai entrar em movimento se ele for submetido a uma força e só vai manter um movimento constante se ele não for submetido a novas forças sendo que as que ele está submetido são equilibradas. Então, a inércia, eu não sei explicar direito, é a propriedade do corpo de ele entrar ou não em movimento quando é submetido a forças. Eu não entendi direito o que é inércia.

Imagine duas bolinhas, uma de isopor e outra de aço, deslizando em uma região onde não há atrito. Qual delas mantém o movimento ?

O movimento não depende da massa dele mas manter o movimento depende porque a bola de isopor, ela vai pular, ela é muito leve, ela se mantém em movimento retilíneo sem se desviar, mas qualquer forcinha vai desviar enquanto que a de aço é muito mais consistente, ela pode andar um espaço...

Então um corpo de maior massa tem maior inércia ?

Tem.

E como você poderia medir a inércia ?

Não sei, acho que isso a gente não aprendeu.

Não é medir a massa ?

Só através da massa ? Eu não tinha a mínima idéia disso.

* * *

ROSSANA S. (15a., V.M., 8,7)

O que são forças equilibradas ?

São forças que se anulam, a resultante é zero.

A velocidade de um corpo é constante ou não, quando está sujeito a forças não equilibradas ?

Não é constante.

Você teve dificuldades com as primeiras apostilas ?

Olha, eu não sei, no começo eu achava a matéria facílima, facílima mesmo, da um a três, a quatro, mas na prova eu não fui bem e agora eu acho a matéria difícil, (apostilas 7,8,9) mas eu estou indo bem, deve ter alguma coisa errada.

E você teve dificuldades na cinco ?

Não, a partir da seis.

Por que ?

Sei lá, tem muitos conceitos novos.

* * *

DALIA T. (15a. V.M., 7,9)

O que é princípio da inércia ?

Quando a resultante das forças externas é nula o movimento é por ele mesmo.

Como, por ele mesmo ?

Ah! ou ele está parado, a resultante é nula, ou em movimento retilíneo uniforme.

E se a resultante não for nula ?

Isso altera o movimento, aí há aceleração.

Eu dou um impulso em um corpo (empurra um apagador). O que acontece com o movimento do corpo ?

Desde o início ? Primeiro você deu um impulso nele. Então ele está com uma força e essa força vai diminuindo por causa do atrito.

Depois que eu dei o empurrão ?

Vai decaindo por causa que tem uma força contrária que é o atrito.

Mas existe uma força que mantém o movimento ?

A força de impulso que você deu.

Mas, e depois que eu dei o impulso ? Quando já não estou sem contato com o corpo ?

Como tem o atrito, vai alterar essa força. Se não tivesse o atrito ele ia continuar com essa força em movimento constante.

Mas quem está aplicando essa força ?

Você.

Mas depois que eu apliquei, eu não estou aplicando mais .

Ele adquiriu essa força. Se eu desprezar o atrito ela continua.

E essa força é equilibrada, se não há atrito ?

Não, se essa força... (fica em dúvida)

Por que essa força é equilibrada ?

Porque ela não tem interferência.

O que acontece se o corpo está sujeito a uma força não equilibrada, sua velocidade é constante?

Não.

Um corpo no instante zero tem velocidade zero, no instante 1 segundo tem velocidade 2m/s e no instante 2 segundos, 4m/s. Calcule sua aceleração.

Em zero segundo estava zero. Em um segundo estava 2 e em dois segundos estava quatro. Então, a velocidade final que era 4, menos a inicial que era zero sobre o tempo, o Δt*, o tempo final menos o tempo inicial que é 2. A aceleração então é dois.*

Você associou o princípio de inércia com o que acontece quando um ônibus é freiado ?

(Ri) Depois que ele deu isso, toda vez que estava num carro e ele brecava eu pensava nisso.

O que você achou de ter que responder no texto ?

Eu achei ótimo porque aí tá pergunta por pergunta, tudo explicadinho.

* * *

MAURO P. (15a., V.M. 7,7)

Explique o princípio da inércia.

É que um corpo, quando já em movimento se não sofre nem atrito nem uma força desequilibrada ele tende a se manter constante e retilíneo e um corpo parado, sem nenhuma força, permanece parado.

Você acredita no princípio da inércia ?

Com os dados que deram para a gente por enquanto eu tenho que acreditar. Porque todas as experiências que o professor trouxe aqui sobre inércia, que tinha nenhum atrito, valeu o princípio. Com aquele balãozinho de hidrogênio★*, não tinha quase atrito, porque o hidrogênio que saia por baixo eliminava o atrito.*

Você estranhou que aquele corpo de metal deslisasse facilmente sobre uma mesa ?

Não. Porque não tinha atrito, tanto que quando não tinha hidrogênio dentro, a gente empurrava

★ Na verdade, nitrogênio líquido.

e ele parava rápido, enquanto quando ele estava com o hidrogênio ele deslisava bem.

O que é aceleração de um corpo ?

Aceleração é força com que ele é empurrado.

É a força ?

É o resultado da força que agiu sobre o corpo.

Como você mede a aceleração ?

Primeiro eu preciso achar uma velocidade do corpo e quanto tempo ele levou para adquirir essa velocidade. Se era um metro ele conseguia a velocidade de 1m/s, a aceleração dele é de $1m/s^2$.

Veja bem, em um metro ?

Não, em um segundo: Em um segundo ele conseguiu a velocidade de 1m/s.

E se um corpo varia sua velocidade de 2m/s para 3m/s em um segundo, quanto vale a aceleração ?

Bom, eu tiro a velocidade final menos a velocidade inicial e tenho a variação. Depois eu divido pelo tempo.

O que acha de ter que trabalhar com o texto, dando respostas ?

Eu acho isso bom porque nós aprendemos sozinhos; já é alguma coisa, não sempre depender do professor quando você precisa de alguma coisa.

Você acha que seria interessante começar logo com vetores no curso, ao invés de deixar para o capítulo 8 ?

Não, eu acho que não tinha que começar com vetor logo do começo. Porque primeiro tinha que aprender que localizar pontos, aí depois da inércia é que eu acho que devia começar o vetor; podia ser já na apostila de inércia, mas como aquela apostila já estava bem complicada, foi bem colocado na apostila 8.

* * *

ALVARO F. (16a. - V.M. 7,0)

Para manter um corpo em movimento é necessária a aplicação de uma força ?

Sim. Porque, lá pelo negócio da inércia, um corpo em movimento retilíneo ou parado, ele está sofrendo nenhuma força. Para manter ele em movimento é preciso a aplicação de alguma força.

Mas, é preciso aplicar uma força para manter um corpo com velocidade constante ?

Você precisa a força inicial. Depois se ele estiver no vácuo, ele continua, se não tiver atrito, uma força contrária.

Então, existe dois casos, um em que não é necessária a aplicação de força e outro que é. Qual é a condição básica que define um ou outro caso ?

Se não houver atrito, não precisa haver força. Se houver atrito precisa uma força para manter o movimento.

Explique o princípio de inércia.

O princípio de inércia diz que quando um corpo está parado, sem movimento, sem ação de nenhuma força, ele está inerte ou quando ele está em movimento retilíneo e constante.

O que significa estar inerte ?

Bom, antes de ler a apostila eu pensava que era parado, só. Mas depois que eu li, falou também que quando está constante o movimento retilíneo ele estava com a inércia.

A inércia é então uma propriedade que um corpo tem sempre, ou só quando ele está parado ou movimento ?

Pode ser que, quando uma força ou as forças são iguais a zero.

E quando um corpo está sujeito a uma força, por exemplo, um corpo caindo, ele tem inércia ?

Não. Ele tem aceleração. Para baixo.

O que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você sabe que sua aceleração é constante ?

A velocidade vai ser proporcional. A força é constante.

O que é aceleração de um corpo ?

É a aplicação de uma força. É a variação de velocidade.

Aceleração é só a variação de velocidade ?

Não. Tem que saber a velocidade inicial, a velocidade final e o Δt. Tem que dividir a velocidade final menos a velocidade inicial pelo tempo.

O que você achou do curso ?

Achei bom, eu não conhecia, achei bom o método de ler o texto com perguntas intercaladas, mais os exercícios de aplicação, ainda ter as respostas atrás; sendo estudado uma coisa você pode tentar achar a partir da resposta.

E deveria ter mais aulas expositivas ?

Não. Um pouquinho, né ? Porque se eu não consigo entender alguma coisa, se eu não botei na cabeça o que é inércia, como é que eu vou descobrir, o professor tem que falar, né ? Ele deveria falar só na medida do necessário.

* * *

HENRY A. (15a. - V.M. 6,8)

Você conhecia o princípio de inércia antes do curso de Física ? Você ficou surpreendido com ele ?

Não. É, eu fiquei surpreendido com justamente esse negócio do atrito, porque eu pensava que parava o corpo, não sei, eu fiquei abismado, eu pensei, como é que não vai parar o movimento se não tem atrito ?

O que é aceleração de um corpo ?

Eu sei que há forças não equilibradas agindo. Eu sei que está variando a velocidade e então a aceleração é a variação de velocidade, velocidade final menos velocidade inicial e dividido pelo tempo.

O que é força ?

Bom, força é mais abrangido no capítulo 7 e ele é resultante da massa vezes a aceleração. Agora, porque massa vezes aceleração ? A gente tem a massa de um corpo, bom, eu acho que a massa influi na força, porque se tem um corpo leve a gente faz uma força, vamos supor a mesma força que vai fazer num corpo mais pesado, mas esse corpo vai se deslocar mais. Se eu usar a mesma força no corpo mais pesado ele vai se deslocar menos, então a massa é um fator que influi para a força e a aceleração é justamente a variação da velocidade sob a ação de forças. Então, as fórmulas são baseadas nas coisas que mais influem no que a gente está querendo analisar.

Você falou que em um corpo mais leve, de massa menor, uma força provoca uma variação de velocidade maior. Você relaciona isso com inércia, de alguma maneira ?

Bom, eu tiro tudo isso da parte da inércia desde que de trás disso há forças, eu acho que já posso deixar de lado essa parte da inércia porque no movimento retilíneo não tem forças desequilibradas agindo e quando está parado, há um equilíbrio.

Mas o que tem mais inércia, um corpo de massa grande ou um de massa pequena ?

O de massa grande. Porque se ele fica parado é mais difícil puxar ele e porque é mais difícil variar a velocidade dele.

Como você mediria a inércia de um corpo ?

Eu mediria assim. Se ele está parado ele tem inércia, se ele está em movimento retilíneo uniforme ele tem inércia, agora se está com velocidade variando então ele não tem inércia, não existe inércia nele, eu não posso medir a inércia de um corpo que está variando a velocidade.

E se eu pegasse duas bolas e perguntasse qual delas tem maior inércia ?

Bem, eu precisaria saber primeiro as massas delas.

E se eu não tivesse uma balança ?

Eu faria uma chocar com a outra, com a mesma força, eu acho que aquela que variasse mais a velocidade depois do choque, é que teria a menor massa.

Você diz que um corpo parado tem inércia e um corpo com velocidade constante também tem inércia; então porque um corpo com velocidade variada não tem inércia ?

Porque inércia foi definida como, um corpo tem inércia, um corpo quando está parado ele tende a ficar parado e quando ele está em movimento retilíneo uniforme, ele fica desde que não haja força desequilibrada agindo. Então, em aceleração, eu não vejo como colocar inércia na aceleração.

* * *

WILSON R. (15a. - V.P.- 6,0)

É possível que um corpo permaneça em movimento sem que haja aplicação de forças ?

Se retirarmos o atrito.

E como podemos retirar o atrito ?

Nós vimos, se não me engano na apostila 5 ou 6, o disco com gêlo sêco, se não me engano, forma um colchão de ar embaixo do corpo e permite que ele se mova sem o atrito com a mesa.

Você chegou a ver aqui na escola ou só por fotografia ?

Vi pela televisão.

Você viu pela televisão ?

É, no programa de ensino de Física do canal 2.

Quando você viu o programa você já estava nessa parte do curso ?

Não, foi bem antes.

Você acha que a explicação do funcionamento do disco dada no texto é compreensível ?

Acho. Meus colegas que não viram na televisão acho que também entenderam.

Você é capaz de explicar, baseado no princípio de inércia, porque as pessoas dentro de um ônibus são lançadas para a frente em uma freiada ?

Porque enquanto nós estamos dentro do ônibus, o ônibus estando em movimento, nós também estaremos em movimento em relação à Terra, não em relação ao ônibus; e o ônibus parando, como nós estamos em movimento em relação à Terra, se não fosse o atrito, nós teremos tendência a continuar em movimento.

(Questão 7) Um corpo que está sujeito a única força $\underline{F}$ sofre uma variação de velocidade $\Delta \underline{v}$ em um intervalo de tempo $\Delta \underline{t}$. O que você pode dizer sobre a variação de velocidade que ele deverá sofrer em um intervalo de tempo $2\Delta \underline{t}$? Sua resposta a esta questão foi que tudo dobra.

A variação da velocidade dobra, a força não. Aí eu coloquei que a força dobra, não ?

Você respondeu na questão 8 (O que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você

sabe que a aceleração é constante ?) que a velocidade varia gradualmente. Existe mais alguma coisa que você pode dizer se a aceleração é constante ?

Como ? Que a força também varia ?

Exatamente, sobre forças, a força aplicada ao corpo é constante ou varia ?

Existe uma força, a aceleração é constante mas a força não é, porque a força está aumentando gradualmente.

Veja, se a velocidade aumenta gradualmente, a força também aumenta gradualmente ?

Eu penso que sim. Para aumentar a velocidade precisa aumentar a força.

O que é aceleração de um corpo ?

É a variação de velocidade de um corpo em determinados espaços de tempo .

Vamos pegar um exemplo. Um carro tem as seguintes velocidades: no instante 1s, sua velocidade é 1m/s, no instante 2s é de 2m/s, no instante 3s é de 3m/s, e assim por diante. Qual é a aceleração desse carro ?

A velocidade varia de 1m/s em cada segundo.

E essa é a aceleração ?

É.

* * *

IVONE P. (15a. V.M. - 5,2)

O que você achou do texto trazer impressas as respostas das questões ?

Não sei, eu acho que isso é bom mas em parte prejudica. Porque tem muitas vezes que a gente não faz por preguiça e olha a resposta. Mas, acho que é bom, porque eu deduzi muita coisa das respostas.

Você achou fácil as primeiras apostilas ? Você acha que elas são uma boa preparação para o vestibular ?

Achei. Mas são conceitos básicos, se a gente não tiver isso não vai dar para deduzir as coisas que cai no vestibular, de jeito nenhum. Tanto é que velocidade, eu sabia, sei lá, 60 quilômetros por hora, mas eu nunca relacionei que era quilômetro dividido por hora, eu nunca pensei assim, eu sabia que era 60 quilômetros por hora, sei lá, até hoje eu me lembro em distinguir, eu acho gozado, eu nunca pensei que era 60 quilômetros em uma hora.

* * *

EMERSON H. (16a. - V.P.- 5,0)

É a primeira vez que você faz 1º colegial ?

Não, a segunda. (Em outro colégio)

Você tem um corpo em movimento. Para manter esse corpo em movimento é necessária a aplicação de uma força ?

Para que ele continue em movimento ? Precisa ou continuar a força ou então parar, não ter nenhum atrito contra o corpo.

O que acontece quando tem atrito ?

n que continuar a força.

tem um corpo em movimento. Não importa se existe atrito ou não. O que acontece, qual é a

ência de você aplicar uma força nesse corpo em movimento ?

r o movimento dele ou a direção.

ica alterar o movimento ?

É ou diminuir ou aumentar.

A velocidade ?

É .

Modificar o movimento significa...

...modificar a velocidade.

Um corpo está com movimento retilíneo com velocidade constante. O que você pode dizer sobre forças, nesse caso ?

As forças que agem sobre ele não varia. É uma força constante. Ela não vai ficar mais forte, nem mais fraca.

Vou mudar a pergunta; precisa ter uma força para manter um corpo em movimento retilíneo e com velocidade constante, se existe atrito onde ele está se deslocando ?

Com velocidade constante ? Precisa.

E se não tiver atrito ?

Para ele começar a se movimentar precisa uma força, mas depois não vai precisar mais, só um impulso.

O que quer dizer forças equilibradas ?

Pode dar exemplo ? Então está um caderno aqui em cima da mesa, tem a gravidade puxando ele para baixo e a mesa está segurando, então a mesa é contrabalançada com a gravidade. Uma força anula a outra.

Você pode dar exemplo em que as forças não estão equilibradas ?

Por exemplo, um carro andando, o motor é uma força impulsionando o carro e o atrito do chão não vai conseguir parar o carro, está agindo contra mas não está contrabalançando.

O que você pode dizer sobre a força que movimenta o carro e a força de atrito, quando o carro estiver com velocidade constante ? Elas estão contrabalançadas ?

Não, mas é que a diferença entre as duas é constante, não vai variar. Por exemplo, uma força do motor, vamos dizer, vale três e a do atrito com o chão vale um; mas não vai variar, não vai a força valer quatro e um.

Mas quando a velocidade do carro é constante ?

Se a diferença entre as forças é a mesma, a velocidade é constante.

E quando você acelera o carro ?

Então aumentou uma força.

Vamos supor que passou de três para quatro. Então aumenta a velocidade ?

Aumenta se o atrito não variar, né ? É o mesmo atrito, então aumenta a velocidade .

O que vai impedir que o carro aumente de velocidade, mesmo que você mantenha o pé no acelerador na mesma posição ?

É porque atingiu o teto assim da força do motor. Acelerando assim o motor não consegue passar daquilo. Então a força fica constante, porque não dá para ir além.

Explique o princípio da inércia.

Ah, inércia é quando existe força contrabalançada. Uma força que está anulando outra, o corpo tem inércia.

E nesse caso, o corpo está parado ou em movimento ?

Está parado.

Não pode estar em movimento ?

Não.

(Questão 7) O que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você sabe que sua aceleração é constante ?

Se a aceleração é constante, a força não vai ser constante, ela vai variar uniformemente.

O que é a aceleração de um corpo ?

É a variação de velocidade.

Então, se a velocidade de um carro passa de 20 km/h para 25 km/h, isso é a aceleração ?

É, mas ao contrário também, se ele passa de 25km/h para 20 km/h.

Mas quanto seria a aceleração de 20 km/h para 25 km/h ?

Bom, daí teria que ter o tempo.

Se eu dissesse que, para facilitar, que a velocidade do carro passou de 5 m/s a 10 m/s, digamos, em 5 segundos, como você calcularia a aceleração ?

Dividiria o tempo pela variação que houve.

Não é o contrário ?

Ah, é o contrário.

Você viu esse disco aqui no colégio ? E na televisão ? (fig. 1- pág. 62)

Não.

E para que ele serve ?

Para acabar com o atrito.

E como ele faz para eliminar o atrito ?

Ah, isso eu não sei não. É para tirar o atrito. Bom, põe o gêlo aqui e vai sair o gás carbônico por aqui e vai ficar igual a um colchão de ar embaixo, então vai tirar, mas não tira totalmente, eu acho, o atrito, tira ?

* * *

RUTH G. (15a. V.M.- 4,6)

(Questão 7) Um corpo que está sujeito a uma força F sofre a variação de velocidade $\Delta \underline{v}$ em um intervalo de tempo Δt. O que pode dizer sobre a variação de velocidade que ele deverá sofrer em um intervalo de tempo 2 Δt? Você diz na prova que é a metade...

Não, mas... É proporcional, a velocidade aumenta, o tempo também vai aumentar, não o intervalo de tempo.

Mas, porque é proporcional ? Veja esse exemplo e vamos supor esse movimento: No instante zero, a velocidade é zero, no instante 1 seg , a velocidade é 2 m/s, no instante 2 seg...

É 4 m/s.

No instante 3 seg quanto vai ser ?

Oito; dois...quatro...oito.

E no instante 4 seg ?

Dezesseis.

Então, nesse movimento, Δv é proporcional a Δt ?

É.

Quanto foi o Δv de zero a 1 seg.?

Dois m/s.

E de 1 a 2 seg. ?

Dois m/s.

de 2 a 3 seg. ?

?

Variou 4 m/s. E de 3 a 4 seg ?

Oito m/s.

E esse movimento, no instante zero, velocidade zero, instante 1, 2 m/s; instante 2, 4 m/s; instante 3, 6 m/s, instante 4,8 m/s, é um movimento em que o Δv é o mesmo cada segundo.Nesse caso, a velocidade é proporcional ao tempo ?

É.

Porque a velocidade é proporcional ao tempo ?

Eu senti confusão nesta pergunta (questão 7), eu pensei, porque a velocidade é proporcional ao tempo ?

Bem, então o que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você sabe que sua aceleração é constante ?

A velocidade é proporcional ao tempo. Há um desequilíbrio das forças.

O que você pode dizer sobre as forças no 1º caso (Δv não proporcional ao tempo) e no 2º caso (Δv proporcional ao tempo) ?

Aqui (2º caso) a força não varia, porque Δv é proporcional a Δt.

E aqui (1º caso), você pode dizer que a força foi a mesma nos intervalos 0 a 1 e 1 a 2 ?

Sim, mas depois a força variou.

Aceleração é só o aumento ou diminuição de velocidade ?

É a variação de velocidade em um determinado tempo. Para mim, quando eu falo que um corpo tem uma aceleração é porque ele aumenta ou diminui a velocidade dele, agora, para o cálculo a gente precisa considerar o tempo.

E o que você quer dizer (Questão 10) quando afirma que existe aceleração quando existe variação de forças ?

É uma variação de ... quantidade de força. Por exemplo, se as forças estão equilibradas e elas se desequilibram vai ter uma aceleração. É isso que eu quero dizer.

O que você chama de movimento constante ? Velocidade constante ou aceleração constante ?

Velocidade constante.

Explique o princípio de inércia .

Eu sei mais ou menos de cor. Se um corpo está parado quando tem forças equilibradas agindo sobre ele. E, um corpo está em movimento constante quando as forças são equilibradas e está em movimento quando tem forças diferentes, desequilibradas, agindo sobre ele.

* * *

LILIANA Z. (13a. - V.P. - 4,5)

Porque um corpo para quando se deixa de aplicar uma força ?

Bom, a força aplicada inicialmente não é mantida. Então, a força do atrito da mesa ou mesmo do ar impede que a bolinha continue agindo normalmente; é o atrito que segura.

O que acontece se o atrito diminui ?

Se o atrito for menor, ou ela continua andando, se ele for praticamente nulo, ou então vai parar muito mais adiante.

Você escreveu na prova que para manter um corpo em movimento é necessário uma força. Será que existe uma outra condição em que o corpo possa manter o movimento ?

Só se ele já estivesse em movimento. Se não houvesse atrito, não precisa aplicar uma força par manter o movimento.

Quando você aplica uma força em um corpo, ele permanece com a mesma velocidade ?

Quando a força aplicada sobre ele é sempre igual, constante, ele permanece com a mesma velocidade. Se essa força aumenta, a velocidade aumenta.

O que provoca em um corpo uma força constante ?

Provoca uma velocidade constante no corpo em que ela está agindo.

Você é capaz de explicar o princípio de inércia ?

Eu não sei o princípio de inércia.

Você entendeu o funcionamento desse dispositivo ? (fig.1, pág. 62).

Eu nem lembro mais o que é isso.

Vamos supor um movimento em que no instante 0 seg a velocidade é zero, no instante 1 seg é velocidade é 3 m/s. Quanto deverá ser a velocidade no instante 2 seg ?

Seis.

Porque você raciocinou assim ?

Por causa da variação aqui do zero para o um foi três, do um para o dois é a mesma variação de tempo e, provavelmente, a mesma variação de velocidade.

Agora vamos supor outro movimento. No instante zero a velocidade é zero, no instante 1 seg é 3 m/s, no instante 2 seg é 9 m/s. A conclusão é a mesma nesse caso ?

Não, a variação de velocidade não duplicou, ela triplicou.

Esses dois movimentos são possíveis ?

Sei lá, acho que sim.

Quando se pode dizer que a variação de velocidade é proporcional ao tempo ?

(Não respondeu).

Quanto vale a aceleração nesse primeiro caso.

Δv sobre Δt. Dá três.

E aqui nesse segundo caso ?

Aqui a variação de velocidade aumenta de 0 a 1 é três e de 1 para o dois (fica confusa)é seis.

Seis o que ?

Seis metros por segundo em cada segundo.

Então, quando você pode dizer que a velocidade é proporcional ao tempo ?

Volto a não saber responder.

* * *

MIYOKO N. (17a. - V.P. - 4,5)

Você é repetente no colegial ?

Não. Repeti na 5a. série.

Existe uma situação em que um corpo permaneça sempre em movimento, sem a aplicação de força ?

Acho que não.

Nem em termos teóricos ?

Acho que na teoria seria possível.

Como ?

Não, acho que não. Não seria possível nem teoricamente, nem praticamente.

O que, para você,significa movimento constante ?

Seria uma velocidade igual em um tempo igual. E aceleração seria uma força não contrabalançada agindo sobre o corpo.

O que é aceleração ?

É a força aplicada num corpo.

A força é aceleração ?

É, modificação da velocidade. Para haver aceleração é preciso que haja uma força.

Se a velocidade é constante, existe aceleração ?

Tem.

Como você calcula aceleração ?

Aceleração é a variação da velocidade sobre o tempo.

Vamos supor um movimento em que a velocidade é de 10 m/s, depois continua 10 m/s e depois continua 10 m/s. Quanto vale a aceleração ?

(Fica em silêncio).

Quanto é a variação de velocidade ?

(Fica em silêncio).

Houve variação de tempo de zero a 1 segundo ?

Houve.

E a variação de velocidade ?

De um segundo.

Não, de velocidade.

A velocidade não variou.

E quanto então foi a variação ?

Foi zero.

E a aceleração, quanto valeu ?

Zero.

Um corpo pode ter aceleração zero ?

Pode.

E quando ele tem aceleração zero, o que acontece com a velocidade ?

A velocidade é zero.

Veja só. A velocidade era 10 m/s, sempre constante, você calculou a aceleração e achou zero.

Silêncio.

Vamos supor um corpo que tenha sempre velocidade de 1000 m/s. Quanto vale a aceleração dele ?

1000 m/s.

Não, a aceleração, não a velocidade.

É zero.

Então o que acontece com a velocidade e um corpo cuja aceleração é zero ?

É constante.

Você disse que forças equilibradas são forças iguais. Essa é a única condição ?

Não, elas precisam ser opostas.

* * *

LIANE K. (15a. - V.M.- 4,1)

Quando você aplica uma força em um corpo o que, em geral, acontece ?

Ele se movimenta com uma velocidade.

Uma velocidade constante ?

É.

Sempre ?

Não, depende, sei lá.

Você tem uma única força aplicada em um corpo, o que essa força provoca no corpo ?

A velocidade, velocidade constante.

Uma força constante provoca uma velocidade constante ?

Não, uma única força.

O movimento é com velocidade constante ?

Acho que sim.

Veja, eu puxo um carrinho com uma força constante e não existe atrito entre carrinho e a mesa. Qual é o tipo de movimento do carrinho ?

Retilíneo, com velocidade constante.

Então, uma força constante provoca uma velocidade constante ?

É, uma única força, se não tiver uma outra que atrapalhe.

* * *

CLARISSE F. (15a. - V.M.- 3,9)

Vamos supor um movimento em que no instante zero a velocidade é zero, no instante 1 seg a velocidade é 2 m/s, no instante 2 seg a velocidade é 4 m/s, no instante 3 seg a velocidade é 8 m/s, no instante 4 seg a velocidade é 12 m/s. Aceleração é constante ?

Não é. Do dois foi para o quatro e do quatro já pulou para oito, não está passando por todos os pontos direitinhos.

Você pode calcular as acelerações nos diversos intervalos ?

(Calcula corretamente).

Explique o princípio da inércia.

Para um corpo se movimentar é sempre necessário uma força e para ele parar também.

E quando ele está em movimento, depende da aplicação de força ?

Depende do impulso. Depois ele continua. Para ele não parar precisa aplicar força.

* * *

ISABEL F. (15a. V.P.- 3,7)

O que é princípio de inércia ?

Eu não sei, assim. Ele é referido a força não equilibradas, não ? Eu não lembro.

Sobre um corpo em movimento uniforme são aplicadas forças equilibradas ou não equilibradas ?

Forças equilibradas.

Você pode dizer, nesses vários movimentos, em quais as forças são equilibradas e quais não são? (fig. 4 - pág. 65).

(Responde corretamente).

* * *

MAURICIO C. (16a. - V.M.- 3,3)

Eu deixo cair uma pedra, sua aceleração é de 10 m/s^2. Quanto vale sua velocidade um segundo depois que eu a larguei ?

10 m/s.

E um segundo depois desse um segundo ?

20 m/s.

* * *

ROBERTO M. (18a. - V.P.- 3,0)

Você é repetente no 1º colegial ?

Sou, daqui mesmo.

O que é aceleração ?

Não sei explicar.

Por exemplo, um corpo está em movimento com velocidade constante, ele tem aceleração ?

Tem.

E qual é o seu valor ?

Se a velocidade é constante a aceleração também é constante.

Por exemplo, um corpo tem a velocidade constante de 20 m/s. Quanto vale a sua aceleração ?

Conforme o tempo também. Quanto ela leva ?

Ela é constante, 20 m/s, em cada instante ela vale 20 m/s.

Então a aceleração é vinte também.

E nesse caso: um corpo, no instante zero tem a velocidade zero; no instante 1 segundo seria 2 m/s, no instante 2 segundos seria 4 m/s; no instante 3 segundos seria 6 m/s e assim por diante. A velocidade é constante nesse caso ?

É constante.

A velocidade é constante ?

Não, a velocidade, não. A aceleração é.

Porque a aceleração é constante ?

Porque no instante um, dois metros, então divide, seria dois; no instante dois ele corre quatro, então divide por dois, seria dois, e assim por diante.

E se a velocidade fosse constante em 2 m/s. A aceleração seria 2 m/s^2 ?

(fica em dúvida).

Um corpo com velocidade constante, você disse que tem a aceleração. Um corpo com velocidade variável tem aceleração. Um corpo tem aceleração sempre ?

Se tiver velocidade, acho que tem aceleração.

O que é o princípio da inércia ?

Inércia não é quando o corpo está em movimento ? Se ela tiver uma força contrabalançada, seria uma ...inércia.

* * *

LUIS B. (15a. - V.P. - 2,7)

(Questão 8) O que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você sabe que sua aceleração é constante ?

Você respondeu que o corpo percorrerá espaços iguais em tempos iguais. Então, quando a aceleração é constante ele percorre espaços iguais em tempos iguais ?

O espaço pode ser maior e o tempo menor.

E isso significa o que ? O que significa aceleração constante ?

Aceleração constante é nesse caso, (Aponta a tabela vista anteriormente em que a velocidade de um corpo varia proporcionalmente ao tempo).

Se a velocidade de um corpo é constante, quanto vale sua aceleração ?

A aceleração é constante.

E vale quanto ?

O valor dela ? Em números ? Não entendo.

Quando existe aceleração ?

Quando há uma variação de velocidade.

E quando um corpo percorre espaços iguais em tempos iguais, a velocidade varia ?

(Silêncio).

O que você chama de espaço ? A ponta desse lápis vai andar espaços iguais em tempos iguais.Como você marcaria, por exemplo, as posições das pontas do lápis ? Você seria capaz de marcar sua posição de um em um segundo ? Vamos supor que ele comece aqui; depois de um segundo onde ele estaria ?

(Marca um ponto).

E depois de mais um segundo, onde estaria ? (E assim por diante).

(Faz marcas alinhadas distantes entre si de aproximadamente 2 cm).

No caso de movimento desse lápis existe aceleração ? Quanto vale sua aceleração ? Vamos supor que seja 2 cm a distância entre cada dois pontos sucessivos e que o intervalo de tempo tenha sido 1 segundo entre cada posição. Qual é a velocidade da ponta do lápis ?

A velocidade ? Seria o espaço pelo tempo.

E quanto vale aqui (1º intervalo) ?

Dois.

E aqui (2º, 3º intervalo) ?

Dois.

Dois cm/s ?

É.

E quanto vale sua aceleração ?

Dois cm/s.

Então a aceleração é a velocidade ?

Não, não é a velocidade. Aceleração é a variação da velocidade pelo tempo.

E quanto varia a velocidade daqui para cá ? (Entre dois intervalos).

Varia dois.

Quanto que varia a velocidade ?

Dois, aqui seria quatro.

Essa é a distância. A distância é que está aumentando.

Ah, a velocidade. A velocidade seria sempre dois.

E a aceleração ?

Se a variação de velocidade é dois ...

A variação de velocidade é dois ?

(Silêncio).

Veja só. Se a variação de velocidade é dois, a velocidade aqui seria dois, aqui quatro, aqui seis, aqui ela é oito, seria esse outro caso aqui (tabela: V prop. Δ t), mas ela não está variando, ela é sempre dois m/s. Então quanto vale a aceleração ?

(Silêncio).

Caso você calcula a aceleração. Você pega a variação da velocidade, e daí ?

Divido pelo tempo.

Certo. E quanto é a variação de velocidade aqui ? (Mov. do lápis).

É um.

Um ? Porque um ?

Ah, não sei. Se a professora manda calcular a aceleração ela já dá a variação de velocidade.

Mas você pode calcular também .

Ah, não sei. Ah, a aceleração a gente podia medir daqui até aqui (dois intervalos) e daqui até aqui (quatro intervalos) e acharia duas variações de velocidades diferentes e dividida pelo espaço.

Mas é diferente. Quanto ele anda nesses intervalos ?

Aqui ele anda dois e aqui dois. Então quatro.

E qual é a velocidade ?

Dois.

E aqui ? (quatro intervalos)

Dois.

De qualquer jeito que você calcule a velocidade ela é dois m/s. Quanto vale a variação de velocidade ? O que significa variar ?

Por exemplo, um fulano varia de roupa, ele está sempre trocando de roupa.

E se ele não troca de roupa, o que acontece.

Fica sempre com a mesma.

E aqui, a velocidade varia ?

Não.

E quanto vale a variação de velocidade se ela não varia ?

(Ri). Não varia. Vale zero.

E quanto vale zero dividido por qualquer tempo ?

Zero.

E quanto então vale a aceleração ?

Vale zero.

* * *

IVANI S. (15a.- V.P. - 2,7).

O que você pode dizer sobre forças no caso de um movimento retilíneo com velocidade constante ?

Ele está em linha reta ? Tem uma ... não é ..., eu agora não lembro. Força de inércia ? Não sei.

O que você chama de força de inércia ?

Força de inércia, eu não lembro bem, eu acho que, ... ah, eu só sei falar sobre exemplo, tem essa caneta, está agindo a força da gravidade e a força da mesa. Ela está parada. Isso é uma força de inércia, ela está nula. A força da mesa anula a força da gravidade. Se nós jogarmos outra força e empurrarmos, aqui não haverá uma segunda força para anular, então aqui não haverá uma força de inércia.

Você fala em força de inércia ou inércia ? Inércia para você é uma força ?

É.

Você tinha claro o conceito de velocidade antes de começar a trabalhar com essa apostila ? (Capítulo 4 - mov. uniforme).

Uma noção bem analisada assim como nós vimos na apostila, não. Eu tinha aquela noção normal, de todo mundo, que é velocidade quando está andando num carro com uma certa velocidade, mas eu comecei a me interessar para saber, a gente fala velocidade mas não sabe; eu pensava que sabia o que eu estava falando, o que era velocidade.

Mas, o que significava para você, por exemplo, "Eu vou para o Rio a 100 km/h."?

(Ri). Correndo, só isso.

Você teve dificuldades nas apostilas de 1 a 5. E na apostila 6 ?

Ela está mais difícil.

No caso do movimento retilíneo com velocidade constante você pode dizer o que sobre as forças ?

Se é o que estou pensando, não é uma força de inércia. Porque para mim força de inércia é o conjunto, por exemplo o conjunto da mesa que está anulando a força da gravidade. Se houvesse a força inércia o corpo estaria parado, só há a força que faz o corpo andar em linha reta. Se houvesse uma barreira na frente, então seria uma força de inércia.

O que você chama de força da gravidade ?

No meio da Terra, como a gente fala, tem uma certa força que puxa, que puxa todos os objetos e seres, tudo que há no mundo, para baixo, seria prender mais ou menos, se não a gente estaria flutuando.

Um corpo sujeito a forças equilibradas pode estar em movimento ?

Não, as forças tem que ser desequilibradas.

* * *

VALERIA M. (15a. - V.P. - 2,5)

Explique o princípio da inércia ?

Um corpo em movimento só muda seu estado de movimento se uma força não equilibrada agir sobre ele.

O que é aceleração ?

É a diferença da velocidade dividida pelo tempo.

No instante zero a velocidade de um corpo era zero, no instante 1 segundo a velocidade era de 3 m/s. Qual é a sua aceleração ?

Não dá para fazer porque no instante zero ele teria que estar zero e não dava para calcular a velocidade dele no instante zero.

A velocidade dele no instante zero é zero. Vamos supor que a velocidade no instante 2 segundos é 6 m/s. Calcule a aceleração ?

Tira seis de três dá três. Tira dois de um dá um, divide um pelo outro dá 3 m/s.

E porque você não pode fazer a mesma coisa de zero para um ? Não dá para tirar zero de três ?

Daria três. É a mesma coisa.

Vamos supor esse caso: a velocidade no instante zero é 2 m/s, no instante 1 seg é 4 m/s, dois seg. é 6 m /s, três seg. é 8 m/s, quatro é 10 m/s. Quanto vale a aceleração aqui ?

(Calcula corretamente, 2 m/s^2).

E agora, nesse caso: no instante zero é 2 m/s, no instante 4 m/s, no instante dois 8 m/s, no instante três, 12 m/s; no instante quatro é 18 m/s ?

A aceleração está variando, não está sendo a mesma.

Porque em um caso a aceleração é constante e em outro caso não ?

Quando é constante é porque a força é constante

Veja aqui (2º caso), a aceleração de zero a um segundo foi de 2 m/s^2 e de um a dois segundos foi de 4 m/s^2. Você pode dizer alguma coisa sobre a força que provocou essa variação de velocidade de 4 m/s.?

Foi o dobro dessa para cá. (primeiro para segundo intervalo).

BERNADETE P. (17a. - V.P. - 1,0)

Você é repetente ?

Repeti a sexta série.

O que são forças contrabalançadas ?

Quer dizer que elas estão equilibradas, que uma empurra de um lado e outra empurra do outro, uma anula a outra.

E elas são iguais, têm o mesmo valor ?

Não sei.

O que é aceleração ?

É uma força maior agindo sobre o corpo.

Maior que o quê ?

Por exemplo, um corpo está com velocidade constante, se aumenta a força, aumenta a velocidade, daí tem uma aceleração.

A força é a aceleração ou ela provoca uma aceleração ?

Provoca uma aceleração.

Como você calcula a aceleração ? Por exemplo, a velocidade de um corpo no instante zero é 2 m/s e no instante 1 segundo é 2 m/s.

As velocidades são iguais.

E se no instante zero vale 2 m/s e no instante 1 segundo vale 4 m/s ?

Seria 2 m/s em cada segundo.

Vamos ver esse movimento: instante zero, 2 m/s; instante um segundo, 4 m/s; instante 2 segundos 6 m/s; instante 3 segundos, 8 m/s. Que conclusão você tira desse movimento ?

A aceleração é constante, dois, dois, dois .....

E que conclusão, sobre a força você pode tirar ?

A força é constante.

***

APÊNDICE D : RESPOSTAS DADAS À PROVA ESCRITA PELO GRUPO DE ALUNOS QUE FOI ENTREVISTADO*

HÉLIO S. (V.M; 10,0)**

1- Não, um corpo pode se manter em movimento sem que nenhuma força esteja agindo sobre ele, pois devido a uma lei natural (a inércia) um corpo que está em movimento permanece em movimento indefinidamente (com velocidade e direção constantes) se nenhuma força desiquilibrada ágir sobre ele.

2- Se as forças aplicadas forem desiquilibradas há uma aceleração na velocidade do corpo (positiva ou negativa), em termos de direção e ou valor.

3- Podemos dizer que nenhuma força desiquilibrada está agindo sobre esse corpo.

4- a) Significa dizer que o corpo não tem (na prática) nenhuma força, que modifique sua velocidade ou direção, agindo sobre ele. Pode ser que não exista nenhuma força agindo sobre ele ou que todas as forças que agem se inter-anulam.

b) Significa exatamente o contrário: existe uma ou mais forças que agindo sobre o corpo, modificam (na prática) sua velocidade e trajeto.

5-a) O movimento será retilíneo (a direção será sempre a mesma, e o sentido também) e uniforme (a velocidade será sempre igual).

b) O movimento poderá ser, ou não-retilíneo, ou não-uniforme, ou não-retilíneo e não-uniforme ao mesmo tempo.

6- O princípio de inércia - como já foi dito - é expresso em um enunciado básico: um corpo que não sofre ação de forças desequilibradas permanece em movimento retilíneo e uniforme (mesma direção, sentido e valor numérico de velocidade). Este princípio, até agora, não foi contestado e todas as experiências feitas a respeito comprovam-no.

7- A variação de velocidade em $2\Delta t$ deverá ser de $2\Delta v$, pois a aceleração se mantem constante na medida que a força F se mantem constante.

8- Se a aceleração de um corpo é constante podemos concluir que seu movimento deve sofrer (tanto em termos do valor numérico de velocidade, como de direção desta velocidade) uma variação constante de velocidade. Podemos concluir, ainda, que o que ocasionou essa variação constante na velocidade deve ser uma força (pura ou resultante) constante aplicada ao corpo em movimento.

9- Se F é diferente de zero, então o movimento deverá sofrer algum tipo de variação (de velocidade ou de direção) constante, isto é, sofrerá uma certa aceleração constante.

10-A aceleração de um corpo em movimento é definida pela variação de velocidade (isto é; a diferença entre a velocidade final do corpo e sua velocidade inicial), tanto em termos de direção como de valor numérico de velocidade, durante um intervalo de tempo determinado (a velocidade final e inicial são determinadas em função deste tempo). Assim, dividindo-se a variação de velocidade ($v_f - v_i$) pelo intervalo de tempo em que ela ocorreu (Δt) teremos o valor numérico da aceleração e a sua unidade (unidade de velocidade)/ unidade de tempo -exemplo m/s/s ou m/s^2

---

*As respostas estão numeradas segundo a ordem das questões da prova de tipo I (pag.64).

**As informações entre parenteses referem-se, nessa ordem, ao colégio (V.Mariana ou V.Prudente) e à nota obtida.

***As respostas foram transcritas respeitando-se a ortografia e pontuação original dos alunos.

RUBENS K. (V.M; 9,4)

1- Não, um corpo pode manter-se em movimento retilíneo e uniforme (quanto à velocidade) se nenhuma força é aplicada ou a resultante das forças aplicadas for nula. Isto realmente acontece e é chamado de "princípio de inércia".

2- Pode haver mudança de direção ou sentido (ou ambos), de acordo com a direção e sentido da força, há geralmente mudança de velocidade do corpo em movimento, mudança constante causada por uma aceleração constante produzida pela força e tambem mudança na quantidade de movimento.

3- Quando isto acontece podem estar acontecendo duas coisas com as forças: ou não existe nenhuma ou a resultante das forças aplicadas é nula.

4- Equilibradas quando a soma delas é zero e portanto a ação das duas em conjunto não modifica o movimento do objeto (se ele estiver parado, permanecerá). Forças não equilibradas quando somadas obtemos certo valor vetorial que chamamos resultante e será o valor que porá o corpo em movimento ou afetará seu movimento, como descrito na questão 2.

5- Se o corpo estiver sujeito a forças equilibradas ele deverá movimentar-se retilinearmente (sempre na mesma direção e sentido) e sua velocidade deve permanecer constante. Um corpo que estiver submetido à forças não equilibradas terá sua velocidade constantemente mudada durante o movimento e poderá mudar sua direção e sentido (de acordo com a direção e sentido da força resultante).

6- Por este princípio um corpo que não sofre ação de forças ou que sofre ação de forças equilibradas manter-se-á parado ou em movimento retilíneo uniforme. Isto significa que quando a resultante das forças aplicadas é nula não haverá fator algum que mude a velocidade ou a direção e sentido do corpo.

7- Se a força permanece constante será 2 Δv, ou seja há proporcionalidade entre força e aceleração. Se a força permanece constante, mas um elemento da aceleração muda o outro tem necessariamente que mudar para manter essa proporcionalidade.

8- Que ele esta sob a influência de uma força resultante constante e sua velocidade mudará uniformemente, ou seja a mesma variação de velocidade para a mesma variação de tempo. Sua quantidade de movimento tambem mudará com a variação de velocidade.

9- Uma só força produz também uma aceleração constante, ou seja, variação constante de velocidade em certa variação de tempo. Esta variação de velocidade ocorrerá constantemente durante o movimento causando mudança na quantidade de movimento.

10- Aceleração de um corpo em movimento é uma mudança constante de velocidade de acordo com o tempo gasto no percurso. É produzida por forças não equilibradas.

MARISTELA G. (V.M; 9,1)

1- Para manter o corpo em movimento não é necessário a aplicação de uma força, a não ser que haja atrito e este impede o movimento do corpo. É preciso aplicar uma força no início,para ele entrar em movimento, deixar de estar parado. Esta força pode ser abandonada depois - que o corpo continua em movimento.

2- O corpo adquire aceleração, isto é, o seu movimento se modificará, podendo diminuir ou aumentar a velocidade se a força aplicada for no sentido do movimento. A aplicação de uma força pode fazer com que o corpo pare se esta força for contrária ao movimento.

3- Que as forças estão equilibradas, isto é, a soma delas é zero. As forças são constantes tam

bém, isto é, não há aumento nem diminuição das velocidades.

4- Um corpo sujeito a forças equilibradas tem velocidade constante e movimento retilíneo, porque quando é aplicada a força e esta é constante, o corpo continua em linha reta e não devia (isto é causado por introdução ou modificação da direção de alguma força). Quando o corpo está sujeito a forças não equilibradas, há aceleração, pois há variação de velocidade num certo tempo e pode haver mudança de direção se o corpo sofrer a ação de alguma força com direção diferente da que ele estava ou a direção da força que estava sendo aplicada mudasse. Forças equilibradas → quando uma força é anulada por outra contrária a ela. Forças não equilibradas → quando uma força é maior áquela que é contrária a esta. Ex: $\downarrow F = 5\ N$, $\uparrow F = 1\ N$ } forças não equilibradas.

5- Se o corpo estiver sujeito a forças equilibradas, seu movimento será retilíneo e a velocidade constante. Se ele estiver sujeito a forças não equilibradas, o corpo estará acelerado, podendo diminuir ou aumentar sua velocidade. Esta pode se manter constante, mas a direção do corpo muda, o que significa que também está sujeito a forças não equilibradas. Se surge uma força contrária ao movimento e que não é equilibrada, dependendo de sua intensidade o corpo pode parar.

6- Um corpo permanece parado se nenhuma força for nele aplicada para que entre em movimento. Um corpo em movimento esta se movendo porque foi submetido a uma força e ele permanecerá em movimento com velocidade constante e retilíneo se todas as forças forem equilibradas → a velocidade não varia e a direção também. Se aplicarmos uma força inicial (p. ex: empurrão) num corpo e ele começar a mover e depois largarmos o corpo, este andará em movimento retilíneo e com velocidade constante indefinidamente (isto se não houver atrito nenhum) até que outra força o faça parar ou acelerar-se.

7- Se houver variação de velocidade em certo tempo → aceleração. Como $\Delta v/\Delta t$= constante então num intervalo de tempo $2\Delta t$ → a variação será também $2\Delta v$.

8- A velocidade do corpo varia constantemente e a direção pode ou não mudar.

9- Podemos afirmar que ele está aceleração, porque se está sujeito a uma única força, não existe outra que possa equilibrar esta, logo provocar uma variação de velocidade e por isto ele está acelerado.

10- É a variação de sua velocidade num certo intervalo de tempo. Quando um corpo está em movimento e há força que ao ser aplicada varia a velocidade do corpo (pode aumentar ou diminuir) podemos dizer que o corpo está acelerado. Esta variação ocorre logicamente num certo tempo.

ROSSANA S. (V.M; 8,7)

1- Sim, é necessário para haver uma variação de velocidade (v_i=0) e com variação de velocidade um corpo permanece em movimento.

2- Vai haver uma aceleração (ou variação de velocidade).

3- Sua força resultante vai ser zero (princípio da inércia).

4- Forças equilibradas → força resultante igual a zero (velocidade constante e movimento retilíneo). Forças não equilibradas → força resultante maior que zero (velocidade não constante-aceleração, e movimento não retilíneo).

5- Movimento retilíneo e velocidade constante (forças equilibradas) → quantidade de movimento vai ser constante. Movimento não retilíneo e velocidade não constante (força não equilibrada)

vai aumentar ou diminuir a quantidade de movimento (conforme a variação de velocidade).

6- Inércia é um princípio da Física que diz que um corpo permanece parado ou em movimento retilíneo se a força resultante for zero (isto é, se não houver nenhuma força não equilibrada sobre ele.)

7- Sua velocidade vai variar de Δv para $2\Delta v$ (isto é, vai dobrar).

8- Posso concluir que a força que está sendo exercida sobre ele é constante.

9- O seu movimento vai ser sempre constante, isto é sua aceleração vai ser constante.

10- A aceleração de um corpo em movimento é a variação de velocidade num certo tempo, $a = v_f - v_i / \Delta t$ exercida por uma força.

DALIA T. (V.M; 7,9)

1- Sim. Todos os corpos estão se movendo pois estão sujeitos a alguma força, equilibrada ou não. Para manter o movimento eu preciso de uma força que sempre age sobre o corpo.

2- Se a força for da mesma direção e sentido a força que já está agindo sobre ele, o corpo sofre uma aceleração. Se a força for contrária ele tende a parar ou reduzir a sua velocidade (aceleração contrária).

3- A resultante dela é nula (=0). Ele está sofrendo a ação da inércia.

4- Forças equilibradas → a resultante delas é = a 0, ou ele está parado ou está em movimento retilíneo uniforme. Forças não equilibradas → a resultante é diferente de zero, ele sofre alguma aceleração.

5- Forças equilibradas → movimento retilíneo e uniforme, ou parado - forças não equilibradas- sofre alguma aceleração.

6- Significa que → Se um corpo está sujeito a ação de forças, cuja sua resultante é nula, seu movimento é retilíneo e uniforme ou parado ele está sujeito ao princípio de inércia.

7- A sua variação de velocidade vai ser $2\Delta v$.

8- Que a sua velocidade varia de um determinado espaço em um determinado tempo.

9- Seu movimento é acelerado conforme a direção, o sentido e o módulo desta força.

10- É a variação de velocidade que este corpo sofre em um determinado tempo.

MAURO P. (V.M; 7,7)

1- Não, pois se um corpo já está em movimento e não tem nenhuma força contrária ou atrito ele se move sem a ajuda de nenhuma força conforme o princípio da inércia que diz que um corpo em movimento sem a ação de atrito mantém-se sempre em movimento retilíneo.

2- a) Desvio da trajetória do corpo

b) Variação de velocidade

c)

3- que a força é nula ou igual a zero pois depois que é dado um empurrão inicial se não houver atrito o corpo permanece em movimento constante e retilíneo sem a ação de nenhuma força.

4- quando ele está sujeito a forças equilibradas quer dizer que ele não está sujeito a atrito pois a soma das forças é igual a zero. Quando ele está sujeito a forças desequilibradas quer dizer que a soma das forças é diferente de zero.

5- Se ele estiver sujeito a forças equilibradas o seu movimento deve ser retilíneo e com a velocidade constante.

Mas se as forças não forem equilibradas ele permanece em movimento com variação de velocidade.

6- É um conceito que diz que corpos que estão parados continuarão parados se não houver nenhuma força agindo sobre ele e se o corpo está em movimento vai continuar em movimento se não houver nenhuma força agindo sobre ele.

7- Isto que ele sofreu foi uma aceleração e em um tempo igual a 2 vezes ele sofrera o dobro de variação de velocidade.

8- O movimento vai variar de velocidade constantemente isto e se a aceleração for de 1 m/s^2 em dada segundo a velocidade vai aumentar 1m/s.

9- É retilíneo só que a sua velocidade vai variar.

10- É uma força que age sobre ele que vai alterar a sua velocidade e seu movimento.

ALVARO F. (V.M; 7,0)

1- Sim. Pelo princípio da inercia um corpo está inerte quando está parado ou em movimento retilíneo e a soma de suas forças é igual a zero. Se houver a aplicação de uma força ≠ haverá movimento com esta força somada com as outras ser diferente de zero.

2- Primeiro sua velocidade muda. Conforme a direção da força, pode mudar a direção inicial do movimento.

3- Que a soma de suas forças é = 0 (ou que uma anula a outra) e este corpo não está sofrendo nenhuma aceleração (+ ou -)

4- Forças equilibradas quer dizer que seu movimento é retilineo e sua velocidade constante. Forças não equilibradas quer dizer que o corpo não está em movimento retilíneo e nem sua velocidade é constante (está sofrendo uma aceleração + ou -)

5- Deve ser retilíneo.
Seu movimento não será uniforme e sua velocidade não será constante.

6- Um corpo está inerte quando estiver parado ou seu movimento ser retilineo e sua velocidade constante (a soma de suas forças é igual a zero).

7- Deverá sofrer uma variação de velocidade = 2 Δv porque se em 1 Δt sofre 1Δ v então em 2Δ t sofre uma variação de 2 Δv.

8- Que sua direção é retilinea (seu movimento é uniforme) e que a soma de suas forças é = 0

9- Que sua velocidade não é constante (está sofrendo aceleração) porque a soma de suas forças é diferente de zero. Exemplos $x + 0 = x$, $y + 0 = y$.

10- É quando a soma das forças é diferente de zero. Então uma das forças é maior e o corpo está sofrendo aceleração (+ ou -)

HENRY A. (V.M; 6,8)

1- É necessário a aplicação de uma força, desde que o movimento não seja retilíneo e uniforme. A necessidade da força é para fazer com que o corpo não pare.

2- A consequência é a variação de velocidade, isto é corpo passa a ter aceleração $= \frac{VF - Vi}{\Delta t}$

3- Que a resultante das forças aplicadas é nula.

4- Que ele tem velocidade constante quando está sujeito a forças equilibradas ou está parado. Que ele sofre uma variação de velocidade quando há forças não equilibradas.

5- Deve ser retilíneo e uniforme quando está sujeito a forças equilibradas.
Deve haver uma variação quando ele estiver sujeito a forças não equilibradas.

6- Quando um corpo está no repouso ele tende a ficar parado. Quando ele está em mov. retilíneo uniforme se mantém indefinidamente desde que não haja a ação de forças desiquilibradas. variação de velocidade que ele deverá sofrer em um intervalo de tempo 2 Δt, vai ser a

metade da que ele sofreu em um intervalo de tempo de Δt.

8- Que o corpo está sujeito a ação de uma força constante.

9- Que ele terá uma aceleração constante.

10- É a variação de velocidade de um corpo que está em movimento

Isto é a sua VF menos a Vi num determinado espaço de tempo.

WILSON R (V.P; 6,0)

1- Sim, pois os moveis geralmente são preguisosos e é necessário uma força para movelos, com eles estando em movimento, se tirarmos esta força, eles simplesmente aproveitarão o impulso e a seguir pararão

2- A variação de velocidade ou de direção deste corpo

3- Que estas forças são contrabalançadas.

4- Dizer que um corpo está sujeito a forças equilibradas é diser que ele mantem movimento retilíneo e velocidade constante e a forças não equilibradas e dizer que sua velocidade, direção ou ambas variam.

5- Se estiver sujeito a forças equilibradas ele terá movimento retilíneo e velocidade constante e a forças não equilibradas sem movimento terá força, direção ou ambos variados.

6- Todo corpo que estiver parado, continua parado a não ser que alguma força o mova e todo corpo que estiver em movimento retilíneo e uniforme com velocidade constante, assim continua, a não ser que outra força não equilibrada mude sua velocidade ou direção.

7- A força passa 2 F e a variação de velocidade de 2 Δt (tudo dobrara)

8- Que aumenta de velocidade em determinados espaços de tempo, isto é, gradualmente

9- Que é ritilinio

10- É a variação de velocidade de um corpo em um determinado tempo.

IVONE P. (V.M; 5,2)

1- Sim. Se não houver ação de forças o corpo permanece parado Deve haver alguma força, seja ela qual for.

2- Quando um corpo está em movimento e sofre a ação de uma força ele adquire aceleração, pode se dizer que se ele estiver com movimento (velocidade) constante sua velocidade mudará a não ser que esta força se equilibre com alguma outra que já estivesse agindo sobre o corpo, então o corpo para.

3- Se houver ação de forças não equilibradas então o corpo mudará de direção e deixará de ser retilineo e a velocidade deixará de ser constante agora se as forças que agirem forem equilibradas ou o corpo pararà, ou permanecerá em movimento constante e retilíneo.

4- a) Quer dizer que ele está parado ou está em movimento retilíneo e com velocidade constante
b) quer dizer que ele está em movimento (talvez caindo) sofrendo aceleração (positiva ou negativa), com aceleração que pode ou não ser constante.

5- O seu movimento deverá ser retilíneo, e sempre para a mesma direção, seja ela qual for. Sua velocidade poderá ser zero ou constante.
Se forem forças não equilibradas, então o movimento não será retilíneo (será curvilíneo) e para qualquer direção; não terá a velocidade constante, terá aceleração.

6- O princípio da inercia diz que um corpo permanecerá com velocidade constante desde que não sofra a ação de forças não equilibradas.
Que se nenhuma força desequilibrada agir sobre o corpo, ele permanecerá com uma velocidade

constante.

7- F → ΔV → Δt

F → → 2 Δt

Caso a força seja a mesma, sua velocidade continua a mesma se a massa do corpo dobrar. Senão ela aumenta proporcionalmente ao tempo.

8- Que o movimento é retilíneo, e que é na posição horizontal, já que se ele estiver caindo,sua aceleração aumenta. E que se ele estiver subindo a aceleração diminui.

9- Não é retilíneo, sua velocidade não é constante, o movimento pode ser em qualquer direção.

10- É uma mudança (variação) de velocidade que um corpo sofre, em um determinado espaço de tempo, no seu movimento. Quando ele está com uma velocidade e sua velocidade muda num mesmo espaço de tempo dizemos que ele, o corpo, está sofrendo aceleração.

EMERSON H. (V.P; 5,0)

1- Sim. Porque um corpo por si próprio não pode se deslocar porque ele não tem força própria, porque ele está sempre em inercia.

2- A variação de velocidade (aceleração) ou mudança de rumo.

3- Ela é constante pois não varia durante todo o movimento

4- Equilibradas: quando o corpo está parado porque uma força é anulada por outra de mesmo valor.

Não equilibradas: quando uma força é maior que a outra o que faz o corpo se deslocar

5- Equilibradas: o corpo estará parado portanto o movimento é nulo.

Não equilibradas: o corpo estará se deslocando.

6- A inércia ocorre quando existe uma força agindo sobre um corpo mas existe outra também a anula. Ex: coloca -se um objeto sobre a mesa a gravidade puxa-o para o chão mas a mesa anula essa força.

7- A velocidade vai aumentar o dobro = 2 Δ v

8- Que a força que age sobre ele também é constante e o gráfico dessa aceleração é uma reta.

9- O movimento é proporcional à força, e o gráfico é uma reta. É um movimento retilíneo uniforme.

10- É a variação da velocidade desse corpo para mais ou para menos.

RUTH G. (V.M; 4,6)

1- É necessário a aplicação de duas forças diferentes e não equilibradas, porque se fossem equilibradas o corpo ficaria parado.

2- Maior ou menor aceleração, mudança de velocidade, se ele estiver parado, sofrerá uma aceleração positiva.

3- A resultante das forças é nula, por isto ele tem velocidade constante, as forças são equilibradas, as forças tem mesmo sentido e direção.

4- Ele está sujeito a forças equilibradas, ele permanece parado ou com velocidade constante, se as forças não forem equilibradas, sua velocidade não será constante e ele sofrerá uma aceleração x .

5- Velocidade constante sem aceleração → forças equilibradas.

Forças não equilibradas → Velocidade acelerada

6- O corpo permanece parado quando as forças se equilibram e permanece em movimento quando as forças forem diferentes.

Parado quando estiver parado.

Movimento quando estiver em movimento.

7- Será a metade, pois se a variação de velocidade de um corpo em x s é 2, a variação de velocidade de um corpo em x/2 s é 1, pois o tempo é maior.

8- A velocidade também é constante, as forças são constantes.

9- Seu movimento sofrerá aceleração, não será retilíneo.

10-É o aumento ou diminuição de velocidade de um corpo. É a variação de forças, pois se elas mudarem de direção e sentido o corpo se acelerá

MIYOKO N. (V.P; 4,5)

1- De uma força não contrabalançada.Ex: um lápis em cima da carteira não está em movimento porque existe a força da gravidade e a força da carteira contrabalançando o pêso do lápis e isto faz com que ele não se movimente.

Agora se você aplicar uma força não contrabalanceada ele se moverá.

2- O corpo em movimento mudará a sua aceleração e não mais terá um movimento constante.

3- Posso dizer que existem forças equilibradas agindo neste corpo.

4- Significa dizer que existem forças iguais agindo sobre esse corpo.

Significa dizer que existem forças desiguais isto é, de um lado a força é bem maior e de outro lado a força é menor.

5- Se um corpo em movimento estiver sujeito à forças equilibrada esse movimento deve ser constante e retilíneo.

E se estiver sujeito à forças não equilibradas seu movimento será variado e não será retilíneo.

6- Todo corpo que estiver sujeito a uma força contrabalançada não pode se movimentar, por outro lado se agir sobre esse corpo uma força não contrabalançada esse corpo entra em movimento.

7- Sua força duplicará no mesmo intervalo de tempo.

8- Se sua aceleração é constante isto quer dizer que é a força aplicada é constante e seu movimento será retilíneo.

9- Seu movimento será constante e retilíneo.

10- E a força não equilibrada de um corpo.

LILIANA Z. (V.P; 4,5)

1- Sim. Há necessidade de aplicação de uma força para quebrar o equilíbrio das outras que agem sobre o corpo mantendo-o parado. Com o desequilibrio das forças o que tiver maior poder manterá o corpo em movimento (enquanto a força aplicada não cessar).

2- 1. o corpo pode permanecer em movimento retilíneo ou não.

2. o corpo pode permanecer com a mesma velocidade, aumentá-la ou diminuí-la

3. o corpo é colocado em movimento

4. o corpo pode ter sua trajetória alterada.

3- As forças que agem sobre um corpo em movimento retilíneo com velocidade constante não têm seu valor alterado (a aceleração é nula).

4- As forças não são equilibradas quando não existem forças se anulando.

Um corpo está sujeito a forças equilibradas quando para cada força que age sobre ele houver uma força anulando-a.

5- (não respondeu)

6- (não respondeu)

7- A variação de velocidade deverá ser dobrada

8- O movimento tem sua velocidade aumentadaporporcionalmente á sua aceleração.
Sendo a aceleração constante a velocidade em espaços e tempos iguais terá a mesma aceleração.

9- Não sendo está força F alterada o movimento do corpo deverá ser retilíneo mantendo a mesma velocidade.

10- Quando uma força age sobre um corpo em movimento tendo seus valores constantemente alterados, provoca o aumento de velocidade no corpo que é chamado de aceleração de um corpo.

LIANE K. (V.M; 4,1)

1- Não é necessário ter uma força para o corpo poder se manter em movimento. É necessário só uma força inicial.

2- O corpo em movimento muda de velocidade

3- Que há uma força equilibrada agindo sobre o corpo.

4- Quando um corpo está sujeito a forças equilibradas e sua velocidade é constante significa que seu movimento é uniforme e o mesmo e forças não equilibradas é ao contrário

5- Esse movimento deve ser o mesmo isto é uniforme. Não será mais uniforme.

6- É quando forças equilibradas com a resultante zero.

7-(não respondeu)

8- É que o seu movimento é retilineo ou seja sempre o mesmo movimento sem mudança.

9- Que o corpo possui um só movimento é uniforme

10- É calcular a variação de tempo num certo intervalo.

CLARISSE F. (V.M; 3,9)

1-Sim é necessário, isto explica a inércia que diz que para um corpo se movimentar é necessária uma força e para ele parar tambem.

2- Pode haver atrito e o corpo diminuir a velocidade.
O corpo pode parar. O corpo pode aumentar a sua velocidade

3- A força aplicada sobre esse corpo é nula.

4- Um corpo pode sofrer força igual a zero então ele é retilíneo e constante.
E quando recebe força não equilibrada, é que a força é maior que zero isto é não é nula e a velocidade não é constante.

5- Se a força é equilibrada então se seu movimento é retilíneo e uniforme. Se ele recebe forças não equilibradas então o seu movimento não é retilíneo nem uniforme.

6- O princípio de inercia diz que para um corpo se mover é necessária uma força e para que ele pare também

7- Em um intervalo de tempo de $2\Delta t$ a variação será muito maior.

8- O seu movimento será retilíneo

9- O corpo ele tem uma massa e uma aceleração que multiplicado resultarão em uma força e esta força poderá ou não ser constante dependendo da aceleração.

10- É quanto este corpo altera a sua velocidade enquanto ele está em movimento.

ISABEL F. (V.P; 3,7)

1- Sim, pois sem essa força ele não entrará em movimento, ou se já estiver em movimento ele tende a parar

2- Ela acelerará, ou retardará o movimento de um corpo conforme se de
Que a força aplicada para o movimento ser constante, tambem é constante.

4- A forças equilibradas é quando há outra que a anule.

E à forças não equilibradas é quando não há outra que a anule

5- Quando ele está sujeito à uma força equilibrada, seu movimento tende a parar, pois outra a anulou. E quando ele está sujeito a forças não equilibradas, sea movimento tende a continuar pois não há nenhuma que a anule e interrompa seu movimento.

6- Um corpo só mudará seu estado de movimento se a velocidade aumentar ou diminuir da mesma quantidade num mesmo intervalo de tempo.

7- A velocidade se manterá, pois a força aplicada nos instantes foi única.

8- Que a força que o faz movimentar também é constante.

9- Ele se movimentará conforme seja a força aplicada sobre ele

10- Para que haja aceleração num movimento é necessário aplicar uma força sobre ele. Então aceleração é o resultado de uma força aplicada sobre um corpo.

MAURÍCIO C. (V.M; 3,3)

1- Sim, e esta força tem que ser maior do que a de reação (exemplo : atrito)

2- Sua velocidade aumentará. Ele percorrerá em menor tempo o trecho que necessita.

3- Ele está com uma força constante, e nenhuma força que mude a direção de seu movimento.

4- Significa que a força dele e as forças de reação estão equilibradas, de modo que ele ficará com uma velocidade constante. Exemplç: pedra solta no ar após um certo trecho.

Forças não equilibradas significa que a força do corpo é maior que a reação, e por isto a velocidade vai variar sempre. Exemplo: um carrinho em movimento próprio e com aceleração.

5- Seu movimento deve ser constante, se não estiver sujeito a forças não equilibradas. Ele irá mudar de velocidade.

6- Todo corpo tende a andar em movimento retilíneo, se não houver força Contrária (que mude seu movimento).

7- A velocidade do corpo iria para $2\Delta v$. Isto indica uma aceleração do corpo (mudança de velocidade em um certo trecho)

8- Este corpo que esta com uma aceleração constante, está tambem com uma velocidade constante.

9- Este corpo, por ter uma força F, vai se mover com uma velocidade constante.

O mesmo corpo pode estar parado, aí existe uma força de reação que será igual a F e o corpo estará parado

10- É a mudança de velocidade em um certo trecho e em um certo tempo.

ROBERTO T. (V.P; 3,0)

1- Sim, por que se não houver uma força a esse corpo ela ficará parada.

2- Aplicando uma força sobre um corpo em movimento a consequencia ela diminuirá de velocidade e ficará constante.

3- Se a velocidade é constante a força também tem que ser constante.

4- Força equilibrada quer dizer que existe uma força agindo sobre esse corpo.

Força não equilibrada quer dizer que não existe uma força agindo sobre esse corpo.

5- Esse movimento deve estar em linha reta se está sujeito a força equilibrada esse movimento mudaria de trajetória.

6- Para haver o principio de inércia é preciso uma força não contrabalançada agindo sobre ele.

7- A variação de velocidade que ele deverá sofrer é de $2\Delta v$.

8- Se a aceleração é constante então o movimento seria constante.

9- Se está sujeito a uma unica força o seu movimento seria constante.

10- Para aceleração de um corpo é necessário uma força agindo sobre este corpo variando ou não a velocidade.

IVANI S. (V.P; 2,7)

1- Força Inercia. Pegue um caderno e apoie na carteira, o caderno não andará, pois haverá a força da gravidade e a carteira, a carteira deixa nulo a força da gravidade, mas se empurrarmos com a mão o caderno o caderno andará pois haverá uma força não contrabalança agindo sobre ele.

2- Haverá a aceleração.

3- Esta força é uma força não contrabalançada.

4- Quando não há forças equilibras este corpo não andará (como explica a experiência, acima, do caderno). Mas se houver forças não equilibradas ou não contrabalança o corpo entrará em movimento (como explica a experiência do caderno, acima, quando empurramos o caderno ele entrará em movimento pois não existe uma outra força o segurando.

5- Se estiver sujeito à forças equilibradas o movimento não existirá, será nulo.
Se estiver sujeito à forças não equilibradas, seu movimento será em linha reta, ou seja retilíneo.

6- Quando à forças não contrabalançadas, isto é, atuam sobre um corpo fazendo que este ande em movimento, pois não há outra força que anule a força que fez o corpo entrar em movimento.

7- A variação de velocidade será o dobro da variação de velocidade normal, ou seja $2(F_2 - F_1)$

8- O movimento deste corpo irá aumentando igualmente em tempo e espaços iguais.

9- Este movimento será retilíneo.

10- Aceleração de um corpo é quando este corpo aumenta de velocidade. Ele pode ser constante: quando aumenta de velocidade em tempo e espaço igualmente; não constante quando aumenta em tempo e espaço diferente.

LUIS B. (V.P; 2,7)

1- Sim, para que ele possa a se mover e sempre preciso alguem empurrar, fazer força. Pois se não houver força ele permanecerá parado e agir forças não contrabalançadas

2- (não respondeu.)

3- Que sua aceleração é constante.
As forças são constantes, sua velocidade não varia. São forças contrabalançadas.

4- É quando ele está parado.
Sofrendo a ação de um apoio. E não está contrabalançado quando este corpo está sujeito a uma aceleração, um movimento, aliás sempre que ele estiver em movimento que forças não equilibradas estão agindo sobre este

5- Forças equilibradas movimento constante. Não equilibradas está sujeito a aceleração.

6- Todo corpo tende a permanecer parado se estiver parado e em movimento se uma força agir sobre este. Ex: se estivermos dentro de um onibus e este frear, sofreremos a ação da freada.

VALÉRIA M. (V.P; 2,5)

1- Se um corpo está em movimento tem que chegar uma hora em que ele pare então é preciso uma força para que o corpo continue em movimento.

2- Esta força pode ser maior ou menor. Se esta força for maior vai fazer com que o seu movimento seja maior e se for menor o movimento será menor.

3- Se aplicar um força contrabalançada num corpo em movimento retilíneo deste corpo mudará de direção não indo mais em direção reta.

4- Quer dizer que ele está sempre sujeito a forças que tenham o mesmo movimento. Quer dizer que essa força pode haver uma variação não sendo igual o seu equilíbrio de força com o movimento.

5- a) O seu movimento será o mesmo em linha reta não sofrendo variações em seu movimento

b) O seu movimento mudará de direção não indo mais em linha reta.

6- Se um corpo sai de seu estado de repouso e entra em movimento ele está sujeito a forças não equilibradas.

7- Que a variação da velocidade será também $2\Delta v$.

8- Se a aceleração é constante o movimento também será constante.

9- Se ele está sujeito a uma única força F seu movimento será constante porque não há mais nenhuma força F que poderá modificar o seu movimento.

10- Um corpo ele tem uma certa velocidade em um determinado tempo. Depois ele varia essa velocidade no mesmo intervalo de tempo. Então essa variação de velocidade no mesmo intervalo de tempo seria a aceleração do corpo.

BERNADETE M.P. (V.P; 1,0)

1- Para manter um corpo em movimento e necessário que aja uma força agindo sobre esse corpo podendo ser uma força contrabalançada ou não contrabalançada.

2- O corpo pode variar o seu movimento ou manter constante se caso a força aplicada for constante se caso a força aplicada for constante ou seja a força for aplicada em todos espaços de tempo ao mesmo tempo.

3- Em movimento retilíneo o corpo irá sempre para a frente e com a velocidade constante o corpo não irá mudar a sua velocidade ex: no instante "a" a velocidade será a mesma do que no instante "B" e assim sucessivamente.

4- e que quando um corpo esta com uma força equilibrada a sempre uma força que a anule e, na força não equilibrada não vai ter outra força para anular. ex: se deixar cair uma borracha, tem uma força agindo sobre a borracha que a empurrará para baixo, se encontrar um obstáculo ela parará e, não continuará a cair, então uma força anulou a outra, agora se não tivesse a borracha continuaria a cair.

5- Se uma força equilibrada sempre haverá uma outra força para anular esta tal força, como no exemplo da borracha, se soltar a borracha cairá e se encontrar um obstáculo ela parará, então há uma força agindo no sentido contrário para anular essa força, e na equilibrada não vai haver essa tal força para anular.

6- É que um corpo só entrará em movimento se tiver uma força agindo sobre, na inércia tem que ter uma força não contrabalançada agindo sobre esse corpo.

7- $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F_1 - F_2}{\Delta t}$ a metade do que ele sofreria num Δt

8- que esse corpo tem a mesma aceleração em todos os instantes porque se aumentar a aceleração aumentaria em todos os instantes, ou seja em todos os intervalos de tempo.

9- o seu movimento será sempre uma força F agindo sobre ele ou seja o corpo,

10- Aceleração de um corpo é quando esse mesmo corpo vá sofrer acelerações ou seja aumento de velocidade ex: no instante "a" a aceleração foi 1,0 m/s/s no instante "B" a aceleração vai ser , 5 m/s/s e assim sucessivamente sempre aumentando. Pode-se achar também $A = \frac{E}{T}$

APÊNDICE E: PADRÕES DE RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS ÀS QUESTÕES DA PROVA ESCRITA

Questão 1 - Para manter um corpo em movimento é necessária a aplicação de uma força ? EXPLIQUE

PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	2,1	2	1	1	0	4	
Inconclusiva	28,0	30	19	3	2	54	
Sim, sem F não há mov.	16,1	20	7	4	0	31	I
Sim, se não fica parado	13,5	4	6	6	0	26	I
Sim, é necessário	8,3	8	6	2	0	16	I
Sim, se não para	6,2	1	6	5	0	12	I
Não, se não há atrito	5,7	1	4	4	2	11	C
Sim, para iniciar mov.	4,7	4	1	3	1	9	I
Não, se resultante nula → MRU	3,6	0	1	2	4	7	C
Sim, se há atrito	2,6	2	2	1	0	5	C
Sim, F equilibrada ou não	2,1	2	0	0	2	4	I
Sim, F equilib. → parado/ F não equilib. → mov.	2,1	0	2	2	0	4	E
Não, apenas empurrão inicial se não há atrito	1,6	0	0	2	1	3	C
Sim, F equilib. →MRU/F não equilib. → não MRU	1,0	0	0	2	0	2	C
Não necessar. segundo P. inércia	1,6	0	0	0	2	2	C
F não equilib. → MRU	0,5	0	1	0	0	1	E
Sim, se há F contrária ao mov.	0,5	0	0	0	1	1	C
Não, se MRU	0,5	0	0	0	1	1	C

Os grupos A,B,C e D correspondem respectivamente, aos alunos cujas notas estão nos intervalos de 0,0 a 2,4; de 2,5 a 4,9; de 5,0 a 7,4 e de 7,5 a 10,0.

Certas (C), Erradas (E), Incompletas (I).

Questão 2- Qual é a consequência (ou consequências) da aplicação de uma força sobre um corpo em movimento ?

PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	5,7	7	4	0	0	11	
Inconclusiva	13,5	19	4	3	0	26	
Variar V/ mudar direção	23,3	7	14	15	9	45	C
Variar V	17,6	13	15	3	3	34	C
Provocar aceleração	12,9	5	10	6	4	25	C
Aumentar V	9,8	9	7	3	0	19	I
Mudar direção	6,2	4	4	4	0	12	I
Parar	4,7	5	4	0	0	9	I
Mudar estado de mov.	2,1	0	1	3	0	4	C
Diminuir V	2,1	2	2	0	0	4	I
Parar/mudar direção	1,0	2	0	0	0	2	I
Manter V constante	0,5	1	0	0	0	1	E
Variar aceleração	0,5	0	1	0	0	1	C

Questão 3 - O que você pode dizer sobre forças, no caso de um corpo em movimento retilíneo com velocidade constante ?

PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	7,8	10	5	0	0	15	
Inconclusiva	36,3	38	21	10	1	70	
Forças equilibradas	24,4	7	20	14	6	47	C
Forças constantes	18,1	16	15	4	0	35	E
Resultante nula	7,3	0	0	5	9	14	C
Força única	2,1	2	1	1	0	4	E
Não há força	1,6	0	0	3	0	3	I
Forças iguais	1,0	1	1	0	0	2	E
Forças não equilibradas	1,0	0	2	0	0	2	E
Não há atrito	0,5	0	1	0	0	1	I

Questão 4a - O que significa dizer que um corpo está sujeito a forças equilibradas ?							
PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	8,8	13	4	0	0	17	
Inconclusiva	34,2	32	24	9	1	66	
Forças se anulam	11,9	3	11	9	0	23	C
MRU	9,3	0	10	7	1	18	C
Velocidade constante	6,7	4	5	4	0	13	C
Parado	6,2	4	8	0	0	12	I
Forças constantes	5,2	6	2	2	0	10	E
MRU/ resultante nula	5,2	0	0	2	8	10	C
Não modifica est. de movimento	3,1	3	0	3	0	6	C
Resultante nula	3,1	0	0	0	6	6	C
Forças iguais	2,1	1	2	1	0	4	E
Velocidade varia	1,0	2	0	0	0	2	E
Movimento constante	1,0	2	0	0	0	2	E
Movimento retilíneo	1,0	2	0	0	0	2	I
Direção varia	0,5	1	0	0	0	1	E
Forças iguais e contrárias	0,5	1	0	0	0	1	C

Questão 4b - E a forças não equilibradas ?							
Sem resposta	9,3	14	4	0	0	18	
Inconclusiva	33,2	31	25	8	0	64	
Forças não se anulam	13,5	1	11	9	5	26	C
Não MRU	9,3	3	7	4	4	18	C
Velocidade varia	8,8	4	9	4	0	17	C
Modifica estado de movimento	6,7	6	1	6	0	13	C
Está em movimento	5,7	4	6	1	0	11	I
Forças não constantes	4,7	6	0	3	0	9	E
Resultante $\neq$ 0, não MRU	4,7	0	0	2	7	9	C
Forças diferentes	2,6	2	3	0	0	5	I
Velocidade constante	1,0	2	0	0	0	2	E
Forças se anulam	0,5	1	0	0	0	1	E

Questão 5a - Se um corpo está sujeito a forças equilibradas, como deve ser esse movimento ?							
PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	6,7	8	5	0	0	13	
Inconclusiva	27,5	33	16	4	0	53	
MRU	23,8	2	11	18	15	46	C
Movimento constante	18,7	14	16	6	0	36	E
Movimento retilíneo	14,5	10	9	9	0	28	I
Movimento uniforme	5,2	4	6	0	0	10	I
Velocidade constante	2,1	1	2	0	1	4	C
Parado	1,0	1	1	0	0	2	E
Velocidade varia	0,5	1	0	0	0	1	E

Questão 5b - E a forças não equilibradas ?							
Sem resposta	8,3	9	7	0	0	16	
Inconclusiva	31,6	35	21	5	0	61	
Não MRU	16,1	1	6	3	1	31	C
Movimento não retilíneo	12,4	10	8	6	0	24	I
Movimento não constante	12,4	8	11	5	0	24	E
Velocidade varia	3,7	1	6	5	1	13	C
Movimento variado	4,1	6	0	2	0	8	C
Movimento não uniforme	3,6	1	5	1	0	7	C
Movimento acelerado	2,1	0	1	0	3	4	C
Velocidade varia/movimento não retilíneo	1,0	0	1	0	1	2	C
Movimento uniforme	1,0	2	0	0	0	2	E
Velocidade constante	0,5	1	0	0	0	1	E

Questão 6- Explique o princípio de inércia							
Sem resposta	15,0	22	7	0	0	29	
Inconclusiva	30,6	28	22	8	1	59	
Só F não equilibrada modifica est. de mov.	18,1	11	8	16	0	35	C
Parado ou MRU se não agir F não equilibrada	8,3	0	0	8	8	16	C
Tendência de ficar parado se F= 0	6,2	9	3	0	0	12	I
Estado de movimento muda devido força não equilibrada	4,7	0	9	0	0	9	C
Tendência de ficar parado ou em mov.	3,6	0	5	2	0	7	C
MRU sem ação de forças	3,6	2	4	1	0	7	I
Para movim. é necessar. F	3,1	0	5	1	0	6	I
Parado ou MRU se resultante nula	2,1	0	0	0	4	4	C
Parado ou MRU se F nula	1,0	0	0	0	2	2	C
Tendência de manter V constante ou nula	1,0	0	0	1	1	2	C
Tendência de manter veloc. constante	1,0	2	0	0	0	2	C
Tendência de permanecer em movimento	0,5	0	1	0	0	1	C
Forças não equilibradas provocam aceleração	0,5	1	0	0	0	1	C
Maior a força, maior V	0,5	0	1	0	0	1	E

Questão 7- Um corpo que está sujeito a uma força constante F sofre uma variação de velocidade Δv em um intervalo de tempo Δt. O que você pode dizer sobre a variação de velocidade que ele deverá sofrer em um intervalo de tempo $2\ \Delta t$?

PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	13,5	19	6	1	0	26	
Inconclusiva	29,0	30	18	7	1	56	
$2\ \Delta v$	39,4	11	27	23	15	76	C
Δv	7,8	5	6	4	0	15	E
Maior	4,7	5	4	0	0	9	I
Menor	3,1	2	3	1	0	6	E
$\frac{\Delta v}{2}$	2,6	2	2	1	0	5	E

Questão 8- O que você pode concluir sobre o movimento de um corpo, se você sabe que sua aceleração é constante ?

Sem resposta	5,2	8	1	1	0	10	
Inconclusiva	23,8	23	15	7	1	46	
Força constante	17,6	7	11	12	4	34	C
Velocidade constante	13,5	12	10	4	0	26	E
Movimento constante	13,5	14	8	4	0	26	E
$\Delta v/\Delta t$ constante	7,8	3	4	3	5	15	C
Movimento retilíneo	5,7	3	8	0	0	11	I
Velocidade varia	5,2	2	4	4	0	10	I
Força constante/ $\Delta v/\Delta t$ constante	4,1	0	0	2	6	8	C
Existe força/ velocidade varia	2,1	2	2	0	0	4	C
Força não constante	1,0	0	2	0	0	2	E
Força nula	0,5	0	1	0	0	1	E

Questão 9 - Um corpo está sujeito a uma única força F constante. O que você pode afirmar sobre seu movimento

Sem resposta	6,7	12	1	0	0	13	
Inconclusiva	26,9	20	25	6	1	52	
Movimento constante	19,2	19	12	6	0	37	E
Movimento acelerado	11,9	3	9	2	9	23	C
Movimento retilíneo	9,8	7	7	5	0	19	I
MRU	6,2	3	5	4	0	12	E
Aceleração constante	5,7	0	0	6	5	11	C
Velocidade constante	3,6	4	2	1	0	7	E
Velocidade varia	3,1	1	3	2	0	6	C
Movimento uniforme	2,1	2	1	1	0	4	E
Velocidade nula	1,6	2	1	0	0	3	E
ta direção e veloc.	1,6	0	0	2	1	3	C
Direção da força	1,6	0	0	2	0	2	I
de mov. constan	0,5	1	0	0	0	1	E

Questão 10- Explique o que é aceleração de um corpo em movimento ?

PADRÃO DE RESPOSTA	NÚMERO % DE ALUNOS	GRUPOS A	B	C	D	NÚMERO TOTAL DE ALUNOS	CRITÉRIO DE CORREÇÃO
Sem resposta	7,3	11	2	1	0	14	
Inconclusiva	29,5	35	16	5	1	57	
Variação de velocidade	18,1	3	17	11	4	35	I
Consequência da força	13,5	7	14	5	0	26	I
Razão $\Delta v/\Delta t$	12,4	4	8	8	4	24	C
Consequência da força/ $\Delta v/\Delta t$	9,3	1	4	6	7	18	C
É a força	4,7	4	4	1	0	9	E
Aumento de velocidade	4,1	8	0	0	0	8	I
Razão v/t	1,0	1	1	0	0	2	E