

1757378

IFUSP/P-147

ANÁLISE DE UM CURSO BÁSICO DE FÍSICA

I- RESULTADOS QUALITATIVOS

Y.Hosoume, J.L.M.Duarte, S.Salém,

A.L.C.Suyama, A.Villani

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

**B.I.F. - USP**

JUN/78

FORA DE

IFUSP/P 1  
B.I.F. - U

## ANÁLISE DE UM CURSO BÁSICO DE FÍSICA

### I - RESULTADOS QUALITATIVOS

Y.Hosoume, J.L.M.Duarte, S.Salém<sup>+</sup>, A.L.C.Suyama<sup>+</sup>, A.Villani  
Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP

#### RESUMO

Neste primeiro de uma série de artigos, dedicados à análise de um curso básico de Física com o objetivo principal de ensinar a resolver problemas de Física, descrevem-se as principais características (objetivos, método de ensino, material escrito usado pelos alunos, programação) além de apresentar uma série de observações oriundas da aplicação do curso. Dados estatísticos são comentados e, a partir deles e da descrição do curso, várias hipóteses são levantadas para explicar as dificuldades encontradas pelos alunos.

<sup>+</sup> Bolsistas do CNPq

## INTRODUÇÃO

Desde a proposta inicial do Curso Personalizado, realizado em Brasília, em 1964, inúmeros foram os cursos que, nas mais diferentes áreas, utilizaram o mesmo método com pequenas modificações ( Ruskin , 1974 ) .

Uma análise global do Curso Programado Individualizado (C.P.I.)a pontou uma melhoria na aprendizagem dos alunos, pelo menos em relação ao sistema de ensino tradicional caracterizado pelas aulas expositivas como fonte primária de conhecimento (Kulik, 1976) .

Um dado constante, que aparece ao longo dos relatos das várias experiências, é, sem dúvida, a maior motivação dos alunos. A ênfase dada a essa característica nos faz pensar nela como uma das razões mais fortes que estimularam o crescimento numérico dos cursos utilizando o "Método Keller".

A elaboração de um curso deste tipo requer, sem dúvida, um grande dispêndio de energia, dedicação e tempo. Mas o reforço imediato é quase sempre garantido, pelo menos para quem começa a utilizar o método. Foi o que aconteceu no IFUSP, em São Paulo, ao se aplicar o C.P.I. nos cursos de Mecânica, em 1973-74, e nos cursos de Física 1 e 2 em 1974. (Cesar, 1974) .

Em relação aos cursos de Física 1 e 2, motivados pelos resultados e com a certeza de que a introdução de algumas posteriores modificações certamente contribuiria para melhorar o curso, foi tentada uma experiência nova, no ano seguinte. Fixou-se como objetivo explícita programação a aprendizagem de conceitos físicos e o desenvolvimento das habilidades que permitem a resolução de problemas de Física de nível básico. Era a tentativa de se introduzir, explicitamente como finalidade do curso, habilidades mais complexas e mais diretamente ligadas ao exercício da atividade de um físico. (Villani, 1976) .

o curso e as evidências sobre a aprendizagem adquirida não são claras.

O que aconteceu com o curso? A avaliação do curso se torna bastante interessante por causa de suas características não usuais e também da surpresa de seus resultados.

Os trabalhos de avaliação normalmente sofrem uma reação pouco entusiasta, pois são considerados de "rotina", onde qualquer centelha de originalidade e criatividade parece perdida. Discordamos desta impressão. Há problemas com características novas para os quais instrumentos de análise devem ser inventados. Este pode ser o caso de quando se tenta entender mais em detalhe como e porque se deu o processo da aprendizagem.

Foi o que nos aconteceu ao tentarmos responder à pergunta acima, pois todos os elementos que caracterizavam o curso: objetivos, método de ensino, programação e material de estudo, ofereciam questionamento e não estavam a nosso alcance padrões de análise com os quais poderíamos testar cada um deles.

A análise do curso constituiu um problema: como analisar este curso? O curso, o instrumento de análise e a análise constituem todo o nosso trabalho. Na primeira parte, daremos uma descrição dos elementos mais significativos do curso, tentando analisar qualitativamente os resultados e sugerir impressões e dúvidas, principalmente fundadas na experiência do curso. Na segunda parte, passaremos a uma proposta de um instrumento e de um método mais sistemático e mais detalhado de análise da parte teórica do curso. Enfim, na terceira parte, trataremos de uma aplicação sistemática do método, através de alguns exemplos.

Com este trabalho, além de relatar uma experiência pretendemos dar uma contribuição para o desenvolvimento de métodos de avaliação e oferecer material de discussão sobre o C.P.I., na medida em que

Neste primeiro artigo será apresentada uma visão qualitativa do curso, partindo da descrição de suas características mais importantes e complementando com uma série de observações e comentários, essencialmente sobre a parte teórica do curso. Concluiremos levantando alguns dados estatísticos e, a partir deles e das observações anteriores, formularemos várias hipóteses e indicaremos várias dúvidas que surgem na tentativa de explicá-las. Estas dúvidas, para as quais não encontramos padrões de análise que as respondessem, geraram a nossa tentativa de encontrar um método objetivo que indique uma solução.

## I. DESCRIÇÃO DO CURSO

Normalmente costuma-se descrever um curso de Física básica dizendo qual foi o livro texto usado e indicando as partes e os capítulos omitidos. Essa informação é interpretada assumindo como implícitos e evidentes os outros elementos que caracterizam um curso (objetivos, método de ensino, programação das atividades, avaliações e os próprios alunos). Isto ocorre, por exemplo, porque os objetivos são conteudís-ticos, portanto definidos pelo livro texto; o método torna-se alguma forma de apresentar o texto; as atividades têm a sequência do texto.

Em nosso caso, tratando-se de um curso com várias característi - cas novas, para podermos ter uma idéia bastante completa, será neces- sário explicitar todas as informações que definem o curso.

Iniciaremos tratando dos objetivos, do método de ensino, da pro- gramação, das atividades, do material escrito oferecido aos alunos , das avaliações e dos alunos do curso. Completaremos a descrição do curso com algumas observações, obtidas a partir de uma análise quali- tativa das características e do desenvolvimento do curso, que nos aju- dem focalizar melhor os pontos importantes.

### I.1 - OS OBJETIVOS DO CURSO

Normalmente, como já dissemos, o livro texto caracteriza um cur- so: isso significa que o conjunto de informações nele contidas repre- sentam o que é mais importante. Isto nos parece um enfoque exagerado sobre o conteúdo, em detrimento das habilidades e das técnicas neces- sárias para poder manipular com maior eficácia o conteúdo, e para pro- mover uma compreensão maior da estrutura da Física.

O comportamento de resolver problemas de Física que constituiu o objetivo fundamental do curso, foi escolhido pois nele se via uma a - proximacão da experiência de um físico, dedicada a continuamente sim

plificar e aproximar as situações a fim de conseguir resultados cada vez mais representativos.

Antes de começar o curso, iniciou-se ampla discussão entre os professores interessados no problema. A intenção era definir as técnicas e as habilidades fundamentais na resolução de um problema ao nível de alunos do curso básico. Buscamos definir uma cadeia de comportamentos que traduzissem e concretizassem o comportamento fundamental de resolver problemas, que nós chamamos de cadeia de comportamentos intermediários (C.I.). Chegou-se à conclusão que as cadeias que caracterizam a solução de um problema teórico ou experimental são diferentes. Na tabela I, são apresentados os comportamentos intermediários da solução de um problema teórico (C.I.T.) e de um problema experimental (C.I.E.).

Estas cadeias não são únicas nem estáticas: são gerais e amplas. Tanto que é comum observar que, para certos tipos de problemas, apenas alguns dos C.I. são necessários ou então a sequência até se inverte iniciando dos últimos comportamentos da cadeia.

Uma inspeção nas sequências dos C.I. revela que estas cadeias su põem alguns pré-requisitos: uns considerados já instalados nos alunos e outros, ainda não familiares aos alunos, que necessitam ser ad quiridos. Estes últimos constituem a cadeia de comportamentos que se rá suporte para estabelecer as duas cadeias intermediárias: a cadeia de comportamentos antecedentes (C.A.), assim definida:

1. Conceituar grandezas e enunciar leis.
2. Descrever fenômenos.
3. Deduzir leis umas das outras.
4. Definir e relacionar grandezas físicas entre si.
5. Representar as grandezas físicas em unidades adequadas.
6. Representar grandezas físicas em esquemas adequados e relaciona-las em gráficos.

o de desenvolver os comportamentos intermediários e os antecedentes , entendendo que desta forma seria garantido o comportamento final de resolver problemas de Física.

## I.2 - O MÉTODO DE ENSINO

Foi utilizado o Curso Personalizado ou método Keller com algumas alterações, principalmente em relação às funções dos monitores e professores. O método Personalizado foi escolhido pois iria permitir um controle maior sobre a programação e sobre o desempenho dos alunos, favorecendo a experiência que ia ser desenvolvida. Por outro lado, não víamos nele nenhuma dificuldade em relação aos objetivos, nem em relação à sequência proposta. Embora não tenha ocorrido uma discussão mais profunda sobre os resultados da utilização deste método na formação do aluno.

As características básicas do método Keller são abundantemente encontradas na literatura. Vamos resumi-las para maior clareza deste artigo (Keller, 1968 ).

"1. O ritmo individualizado do curso, que permite, ao aluno, proquir com velocidade adequada à sua habilidade e à sua disponibilidade de tempo.

2. O requisito de perfeição em cada unidade para poder proseguir, de forma que o aluno só tem permissão para avançar quando já demonstrou domínio completo do capítulo precedente.

3. O uso de palestras e demonstrações como vínculos de motivação, ao invés de fonte de informação crítica.

4. A ênfase dada à palavra escrita nas comunicações entre profesres e alunos, e finalmente,

5. O uso de monitores, permitindo repetição de testes, avaliação, imediata, tutela inevitável, e acentuada ênfase no aspecto sócio-pes-

As modificações introduzidas foram em relação à função dos monitores que, além de avaliadores, foram também responsáveis na programação, na elaboração do material escrito e das avaliações para os alunos, e ainda colaboraram numa avaliação periódica do curso e no desenvolvimento de uma pesquisa educacional paralela. Esta modificação demonstrou que, para uma programação adequada e para a elaboração de material escrito adequado, também o ponto de vista dos alunos deveria ser considerado permanentemente. Os monitores, por serem ainda alunos e terem participado de um C.P.I. no ano anterior, eram os que mais próximos estavam da posição dos alunos. Demonstrou também que, a partir da colaboração tão estreita entre professores e monitores, é bem maior o aproveitamento e o crescimento em termos educacionais de ambos.

Outra modificação existente foi em relação ao critério mínimo de perfeição (ou desempenho). Este incluiu a possibilidade de algumas falhas em determinados pontos e a possibilidade de correção durante a avaliação ou a possibilidade de se obter uma menção incompleta (I), com a qual o aluno, numa próxima avaliação, refazia apenas a parte que continha erros.

### I.3 - PROGRAMAÇÃO DO CURSO

Após a definição dos objetivos e a escolha do método de ensino, o curso foi subdividido em unidades e cada uma destas em passos. Em geral, uma unidade de estudo é um agrupamento de informações formado segundo um critério de relações de conteúdo. Um passo é um conjunto de atividades através do qual o aluno deve atingir os objetivos anteriormente definidos para este passo. Um passo será sempre considerado completo após o "OK" do exercício de avaliação. O exercício de avaliação era considerado "OK" quando o aluno atingia o critério mínimo de de -

O curso foi programado para dois semestres, e se tentou abranger quase toda a matéria ministrada no curso regular do IFUSP. A primeira parte do curso foi indicada pela sigla FEPl01-Personalizado e a segunda, por FEPl02-Personalizado. O FEPl01-Personalizado foi subdividido em seis unidades e quinze passos obrigatórios e um passo optativo (v. Apêndice 1.a). O FEPl02-Personalizado foi subdivididos em quatro unidades e dez passos obrigatórios e um passo optativo (v. Apêndice 1.b). Os passos optativos foram programados para atender os alunos que desejassem continuar o curso após o término dos passos obrigatórios.

Para cada passo se encontram definidos os objetivos gerais que são os comportamentos das cadeias C.A. e/ou C.I. Estes objetivos se chamam operacionalizados através do conteúdo físico do passo. Desta forma, os objetivos gerais são concretizados, para os alunos e professores, e se encontram definidos como objetivos específicos. Nos apêndices 1.a e 1.b podem ser encontrados os objetivos gerais de cada passo.

Para garantir a apreensão de novos conceitos e relações a serem utilizados na solução de problemas, os comportamentos da cadeia C.A. foram programados como sendo os objetivos dos passos nos quais se pretendem instalar o conhecimento das novas informações. Devido ao fato do curso apresentar vários conteúdos novos, a cadeia C.A. se alterna com a cadeia C.I. Com isso, pretendia-se que, após a garantia, pelo menos de forma geral, do entendimento dos novos conceitos e relações, se desse a aplicação deles. Esperávamos que desta maneira fosse mais fácil localizar eventuais falhas e corrigi-las <sup>(1)</sup>.

Dos quinze passos do primeiro semestre, cinco apresentam como objetivos, fundamentalmente, os comportamentos da cadeia C.A. e os restantes os da cadeia C.I. Dentre estes últimos, quatro são relativos à resolução de problemas experimentais (C.I.E.) e seis, a problemas teóricos (C.I.T.). Do segundo semestre, no total de dez passos, três são relativos à cadeia C.A.; três, à cadeia C.I.E.; e quatro, à cadeia

Os comportamentos intermediários foram paulatinamente sendo introduzidos como objetivos dos passos. Na medida em que o conteúdo físico, exigido nos passos anteriores, proporcionasse condições para apresentar uma situação problemática que exigisse, para sua solução, algum objetivo da cadeia C.I., este era introduzido. Assim nos passos referentes à solução teórica nem todos apresentam, como objetivos, todos os intermediários. No passo oito do primeiro semestre, é proposta pela primeira vez, como objetivo do passo, a cadeia C.I.T. quase completa. Nos passos referentes à solução experimental, a cadeia C.I.E., quase completa, já é proposta a partir do passo dois do primeiro semestre, ou seja, o primeiro passo do laboratório.

#### I.4 - ATIVIDADES PROGRAMADAS

As atividades programadas para os passos teóricos constam quase que exclusivamente de leitura de guias de estudo, de textos, de problemas resolvidos, de responder questões e de resolver problemas. Dois passos do segundo semestre propõem, como uma das atividades, a redação de síntese de livros textos. Outro passo do segundo semestre propõe ao aluno, como atividade a redação de uma situação problemática e a sua solução.

Assistir loops (filmes não sonoros de aproximadamente cinco minutos) e realizar exercícios de demonstração (observação qualitativa de alguns fenômenos) foram atividades propostas nos passos experimentais, além do exercício de laboratório e da redação do relatório da experiência realizada.

Foram ainda programadas algumas atividades suplementares, como discussão em grupo, seminários de monitores para motivação e para auxiliar os alunos que poderiam apresentar falhas de pré-requisitos.

Cada passo apresenta, como atividade final, uma avaliação. Nos

escrito, exceto dois passos (passo seis do primeiro semestre e passo oito do segundo) cuja avaliação foi oral. Nos passos da cadeia CIT, a avaliação consta de exercício escrito e, nos passos da cadeia CIE, de discussão dos dados e do relatório da experiência.

No apêndice 2 pode ser encontrada a programação das atividades obrigatórias de cada passo.

### I.5 - MATERIAL ESCRITO

Foram preparados dois tipos de material: um para os alunos, ou tro para os monitores. O material destinado aos alunos, em cada passo, consta de : guia de estudos, textos, problemas resolvidos, problemas e questões propostos, questões e problemas de avaliação.

O guia de estudo normalmente contém: uma introdução geral, des crevendo a relação existente entre um passo e o anterior e a importança do estudo do passo; os objetivos específicos a serem alcançados ; as instruções de procedimento e a forma de avaliação do passo.

Os textos utilizados foram trechos dos livros de Física dos autores Resnick-Halliday, Ingard-Kraushaar, Feynman<sup>(2)</sup> e textos cuja es trutura tenta seguir o processo de resolução de problema de Física, e laborados pelo grupo<sup>(3)</sup>.

Vários problemas foram resolvidos, explicitando todos os compor tamentos da cadeia CIT, e apresentados juntamente com os textos e guias. A necessidade de produzir textos e problemas resolvidos, com a estrutura do processo de resolução de problemas, se deu a partir da percepção de que o material escrito - os textos tradicionais de Física básica - não exercia nenhum controle sobre os alunos, no que diz respeito ao desenvolvimento das habilidades necessárias à solução de um problema de Física. Com este novo material esperava-se conduzir ou induzir a cadeia proposta.

ções complexas e eram de solução imediata e eram chamados de questões. Os que exigiam do aluno quase todos os intermediários da cadeia CIT, de problemas.

Para cada passo teórico foram preparados no mínimo quatro tipos de avaliações diferentes. As avaliações correspondentes aos passos relativos à cadeia CA, constaram quase que exclusivamente de questões semelhantes às propostas no guia. Nos passos da cadeia CIT, as avaliações eram compostas de dois problemas<sup>(4)</sup>. Normalmente os problemas eram divididos em ítems que encaminhassem implicitamente o desenvolvimento e a solução. Procuramos também introduzir perguntas abertas que estimulassem respostas do tipo discursivo, que favorecem comportamentos como análise qualitativa, previsões, formulação de hipóteses, etc, que foram pouco solicitados na experiência escolar anterior. Nos passos da cadeia CIE, as avaliações eram compostas de uma discussão preliminar dos dados e da discussão do relatório da experiência<sup>(5)</sup>.

Para o monitor foram preparados guias do monitor, contendo os aspectos relevantes da atuação deste em cada passo; gabaritos de cada tipo de avaliação; o critério de aprovação em cada passo; e fichas de avaliação, onde o desempenho de cada aluno durante a avaliação e a correspondente entrevista<sup>(6)</sup> era sucintamente descrito.

## I.6 - COMENTÁRIOS SOBRE A PROGRAMAÇÃO

Uma análise superficial da programação após a aplicação do curso detetou algumas informações que podem ajudar-nos na caracterização do curso.

1. O conteúdo físico exigido na programação apresenta quase a mesma extensão mas uma profundidade bem maior que o dos cursos nor

malmente ministrados, pelo fato das situações físicas apresentadas aos alunos serem bem complexas.

2. O pré-requisito matemático, exigido para o entendimento dos textos elaborados e problemas resolvidos, é também de nível superiores ao tradicionalmente exigido.

3. O número de objetivos a serem atingidos em cada passo é bastante elevado. Conseqüentemente, o número de atividades também é elevado e as avaliações bastante extensas.

4. O ritmo próprio do aluno não é integralmente respeitado pelo fato da programação apresentar um limite na duração do curso.

5. O número de passos referentes à solução de problemas teóricos é bem maior do que o relativo à solução experimental. Isto é, a programação tem uma ênfase na solução de problemas teóricos.

6. A seqüência dos comportamentos CIT tem alguma semelhança com o esquema clássico para a solução de problemas matemáticos (Polya 1974):

- a. Entendimento do problema - CIT 1, 2 e 3
- b. Planejamento da solução - CIT 4, 5, 6 e 7
- c. Solução explícita - CIT 8, 9 e 10
- d. Revisão - CIT 11.

7. A seqüência proposta, para o desenvolvimento dos comportamentos intermediários da cadeia de resolução de problemas, não se baseia em nenhuma análise dos intermediários em termos de dificuldade dos alunos. Não houve nenhuma estruturação no sentido de partir dos comportamentos mais simples para os mais complexos.

8. A seqüência dos comportamentos intermediários é apresentada no curso como uma estratégia geral de resolução de problemas de Física. Porém, em nenhum material escrito é explicada claramente a importância da cadeia ou a utilidade de cada um dos intermediários.

rios.

9. A programação não chega a sugerir métodos sistemáticos ou pelo menos maneiras diferentes para desenvolver cada um dos CTT<sup>(6)</sup>.

#### I.7 - INFORMAÇÕES OBTIDAS ATRAVÉS DA INTERAÇÃO ALUNO-MONITOR

No desenvolver do curso foram detetadas algumas dificuldades que serão importantes na análise da parte teórica da programação.

1. Em relação a diferenças individuais em termos de pré-requisitos: estudar através de material escrito, expressar-se de forma clara e organizada, efetuar manipulações gráficas ou algébricas e de conhecimento de conteúdo físico eram pré-requisitos apresentados pelos alunos em grau bastante diferente.

2. Em relação às habilidades que fazem parte do processo de resolução de problemas: fazer previsão, levantar hipóteses, analisar qualitativamente e verificar a consistência das respostas são habilidades novas aos alunos. Apenas a solução analítica é familiar à maioria dos alunos.

3. Em relação às atividades de avaliação, pudemos observar que um número significativo de alunos que se submetiam pela segunda ou terceira vez à avaliação de um passo, apresentava falhas idênticas às cometidas na tentativa anterior.

4. A interação monitor-aluno não se restringiu às discussões programadas. Foram necessários atendimentos extras para auxiliar o aluno a sanar dúvidas. Em muitos casos, as dificuldades apresentadas pelos alunos eram de um mesmo tipo. Isto sugere a presença / de falhas sistemáticas da programação.

## I.8 - SUJEITOS QUE PARTICIPARAM DO CURSO

Os alunos que participaram da primeira parte do curso (FEP 101 - Personalizado) foram parte dos alunos matriculados no Curso de Física de 1975. Estes alunos foram escolhidos aleatoriamente, num total de 65 alunos (duas turmas do curso diurno). Exceto um, todos os outros frequentavam o curso básico de Física pela primeira vez.

Na segunda parte do curso (segundo semestre), participaram somente os alunos que optaram em fazê-lo. O número de alunos matriculados foi de 27 alunos, dos quais 9 precisavam primeiramente concluir o curso FEP 101 - Personalizado e 7 não haviam participado do curso FEP 101 - Personalizado no primeiro semestre.

Neste segundo semestre, foram atendidos os 27 alunos matriculados e mais 24 alunos que tentaram terminar o curso FEP 101 - Personalizado e paralelamente cursavam o curso regular de Física 2, além de se terem matriculado no "Curso Sem Aula" de Física 1<sup>(8)</sup>.

## II. RESULTADOS PRELIMINARES

### II.1 - OS ALUNOS NO FINAL DE CADA SEMESTRE

#### 1. CURSO DE FÍSICA 1 - PERSONALIZADO

Dos alunos que se submeteram a este curso, num total de 65 alunos, 15 terminaram o curso no final do primeiro semestre e 38 tiveram a oportunidade de continuar no segundo semestre.

A situação dos alunos no final do primeiro semestre é apresentada na figura 1, através da distribuição dos alunos em função do último passo aprovado. O grupo I, no total de 3 alunos, representa os

alunos reprovados sem direito a continuar o Curso Personalizado e sem direito a realizar o Curso Sem Aula. O grupo II, no total de 9 alunos, representa os alunos reprovados sem direito a continuar o Curso Personalizado, mas com direito a realizar o Curso Sem Aula. O grupo III, no total de 38 alunos, representa os reprovados com direito a continuar o Curso Personalizado do primeiro e do segundo semestre e realizar o Curso Sem Aula. Finalmente, o grupo IV, no total de 15 alunos, representa os alunos aprovados com direito a continuar o Curso Personalizado do segundo semestre (Física 2 - Personalizado).

## 2. CURSO DE FÍSICA 2 - PERSONALIZADO

A situação dos alunos no final do curso é apresentada na figura 2, que representa a distribuição dos alunos em função do último passo aprovado. Apenas 11 alunos foram aprovados. O grupo I representa os alunos reprovados, compõe-se de 7 alunos. O grupo II, os alunos reprovados com direito a realizar o Curso Sem Aula, no total de 9 alunos. E o grupo III, os 11 alunos aprovados.

Dos 24 alunos que tentaram terminar o curso FEP 101-Personalizado, sem serem matriculados em FEP 102-Personalizado, apenas 3 terminaram o curso, pois os restantes já tinham sido aprovados no Curso Sem Aular e desistiram de completar o Curso Personalizado.

### II.2 - DIFICULDADE DOS PASSOS E DURAÇÃO DA AVALIAÇÃO

Um outro resultado que obtivemos foi uma indicação da dificuldade do passo. Esta foi definida como a média do número de avaliações efetuadas pelos alunos para atingir o critério do passo. As figuras 3 e 4 mostram a "dificuldade do passo" no primeiro e segundo

semestres, respectivamente. Os passos referentes ao laboratório, foram excluídos por falta de informações sobre o número de vezes que se precisou refazer o relatório.

Os passos 8, 11 e 13 do primeiro semestre e o 2 e 5 do segundo semestre foram os que apresentaram maiores dificuldades. Dentre estes, o passo 13, em particular, apresentou uma dificuldade bastante elevada, atingindo o valor de 2,7 avaliações em média.

A duração média das avaliações de cada passo é apresentada nas figuras 5 e 6. Esta duração foi definida como a média dos intervalos de tempo, gastos pelo aluno, para efetuar a avaliação na qual foi aprovado.

A figura 5 refere-se ao primeiro semestre e a 6, ao segundo. Os passos de laboratório, de avaliações orais e o passo 1 do primeiro semestre foram excluídos por falta de informações. No primeiro semestre, o passo 13 exigiu a maior duração de realização da avaliação, atingindo em média 160 minutos. Já no segundo semestre, quase todos os passos atingiram uma média superior a 160 minutos.

Calculamos também o desvio relativo da dificuldade do passo (número de avaliações dos alunos para atingir o critério mínimo). As figuras 7 e 8 mostram estes desvios em função do passo, no primeiro e segundo semestres, respectivamente. O desvio relativo é grande. No primeiro semestre, cresce até o passo 11; já, no segundo semestre, o desvio decresce ao longo dos passos.

Os desvios relativos da duração das avaliações de cada passo são apresentados nas figuras 9 e 10. No primeiro semestre (figura 9), o desvio diminui ao longo dos passos, enquanto não se observa nenhum comportamento sistemático característico, no segundo semestre (figura 10).

### III. CONCLUSÃO

O grande número de reprovações e a desistência de aproximadamente 50% dos alunos que tinham o direito de continuar o curso no segundo semestre, mostram claramente a não adequação do programa à maioria dos alunos.

Esta conclusão é bastante surpreendente se olharmos para dois fatos. Primeiro, o curso foi programado por um grupo de professores experientes no curso básico de Física e interessados no problema da aprendizagem do comportamento de resolução de problemas. Segundo, o método de ensino utilizado é citado ultimamente como um dos mais eficientes em termos de atingir os objetivos do curso e, ainda, bastante motivador aos alunos e professores.

Uma conclusão, no entanto, parece estar certa. O método individualizado - com a divisão do conteúdo em unidades, o uso de critério de excelência e do reforço imediato<sup>(9)</sup> - não tem efeito garantido quando se tenta incorporar, no repertório habitual do aluno, conhecimentos e habilidades mais complexas. Em outras palavras, se transformar com sucesso um curso tradicional de Física em um CPI for bastante simples, isto não é bem verdade se o curso for mais complexo.

Provavelmente deve existir vários fatores importantes condicionando a aprendizagem de resolução de problemas, (Larkin, 1976).

Para explicar a discrepância entre o resultado esperado e o concretamente obtido, podemos fazer algumas hipóteses.

1. Os objetivos propostos podem ter sido complexos demais, pelo fato de exigir simultaneamente um conteúdo físico mais profundo e habilidades de resolver problemas, não comuns aos alunos.

2. Durante o curso e ao longo da nossa experiência, não ra-

ras vezes, constatamos que o formalismo matemático, mesmo de nível elementar, torna-se uma barreira para os alunos. Esta barreira normalmente gera ansiedade nos alunos e não permite o desenvolvimento do raciocínio físico. A falta destes pré-requisitos pode ter sido uma razão para o resultado obtido.

3. O oferecimento de um curso sem aula e a limitação do tempo para finalizar o curso poderiam ter levado os alunos à perda de motivação e, daí, o grande número de desistências. Ou ainda, poderia ter sido o curso "normal" de Física básica, onde não é exigido o critério de excelência (100% no desempenho do aluno).

4. Dados o grande número de tentativas nas avaliações e as falhas idênticas apresentadas nas sucessivas avaliações de um mesmo passo, o desempenho do monitor na atividade de entrevista de avaliação pode não ter sido adequada.

5. Os alunos solicitaram várias atividades não programadas, sessões de discussão de problemas propostos e também o monitor para esclarecer, em muitos casos, dúvidas semelhantes. Estes fatos nos sugerem problemas de adequação das atividades propostas, tanto em termos de natureza - em relação ao próprio método de ensino utilizado - quanto de quantidade. Ou ainda, de adequação do material escrito.

6. A grande dificuldade apresentada em alguns passos pode ter sido a razão da perda de motivação. Estas dificuldades podem ter sido originadas na falha da sequência programada, não permitindo, desta forma, a aprendizagem por aproximações sucessivas.

Muitas outras hipóteses poderiam ser levantadas e possivelmente qualquer uma destas, ou todo o conjunto, poderia ser plausível. Porém, a verificação destas hipóteses se torna complexa, na me

dida em que não existem padrões com os quais podemos compará-los e obter respostas sobre o grau de plausibilidade de nossas hipóteses. Assim, o problema se situa na elaboração de padrões ou instrumentos que nos forneçam dados objetivos com os quais podemos encontrar respostas ou, pelo menos, levantar hipóteses com maior segurança para algumas de nossas perguntas.

A elaboração de um instrumento desta natureza será o tema da segunda parte deste trabalho.

TABELA I

A

1. Identificar o fenômeno .
2. Isolar os aspectos e informações a serem analisadas.
3. Identificar as variáveis.
4. Formular hipóteses à cerca de suas relevâncias.
5. Identificar o modelo mais simples que melhor represente o fenômeno.
6. Prever as condições nas quais o fenômeno ocorre e/ou estimar a ordem de grandeza de algumas variáveis relevantes, a partir de dados iniciais e de leis físicas conhecidas.
7. Obter resultados qualitativos baseando-se em gráficos ou esquemas e vice-versa: construir gráficos baseando-se em resultados qualitativos.
8. Representar, por meio de relações algébricas e equações, as relações entre as variáveis relevantes do fenômeno.
9. Analisar as equações obtidas a fim de restringir o problema de maneira a obter soluções.
10. Resolver as equações ou sistemas de maneira exata ou aproximada.
11. Analisar a consistência entre resultados, hipóteses, aproximações e previsões.

B

1. Identificar o evento.
2. Isolar os aspectos e informações a serem analisadas.
3. Identificar as variáveis; classificá-las em relevantes e irrelevantes.
4. Identificar as leis físicas importantes, envolvidas no evento.
5. Formular hipóteses à cerca da relação entre as variáveis.
6. Fazer estimativas das ordens de grandeza das variáveis a serem medidas.
7. Descrever o procedimento experimental.
8. Escolher os aparelhos adequados para as medidas necessárias.
9. Verificar o funcionamento dos aparelhos.
10. Manusear os aparelhos de acordo com o procedimento e ler as escalas.
11. Registrar os dados obtidos de acordo com técnicas apropriadas de medidas.
12. Tratar os dados obtidos. Apresentar os resultados em tabela, gráficos e equações. Determinar a

precisão das medidas.

13. Estabelecer as relações entre as variáveis, considerando a precisão das medidas.
14. Comparar os resultados obtidos com a hipótese formulada e concluir pela sua aprovação ou não.
15. Inserir o resultado no contexto teórico e experimental.

Na tabela I.A temos a cadeia de comportamentos intermediários para a solução de um problema teórico (C.I.T.) e na tabela I.B, para um problema experimental (C.I.E.)

Figura 1

Distribuição de passos concluídos no final do curso de Física 1—

Personalizado

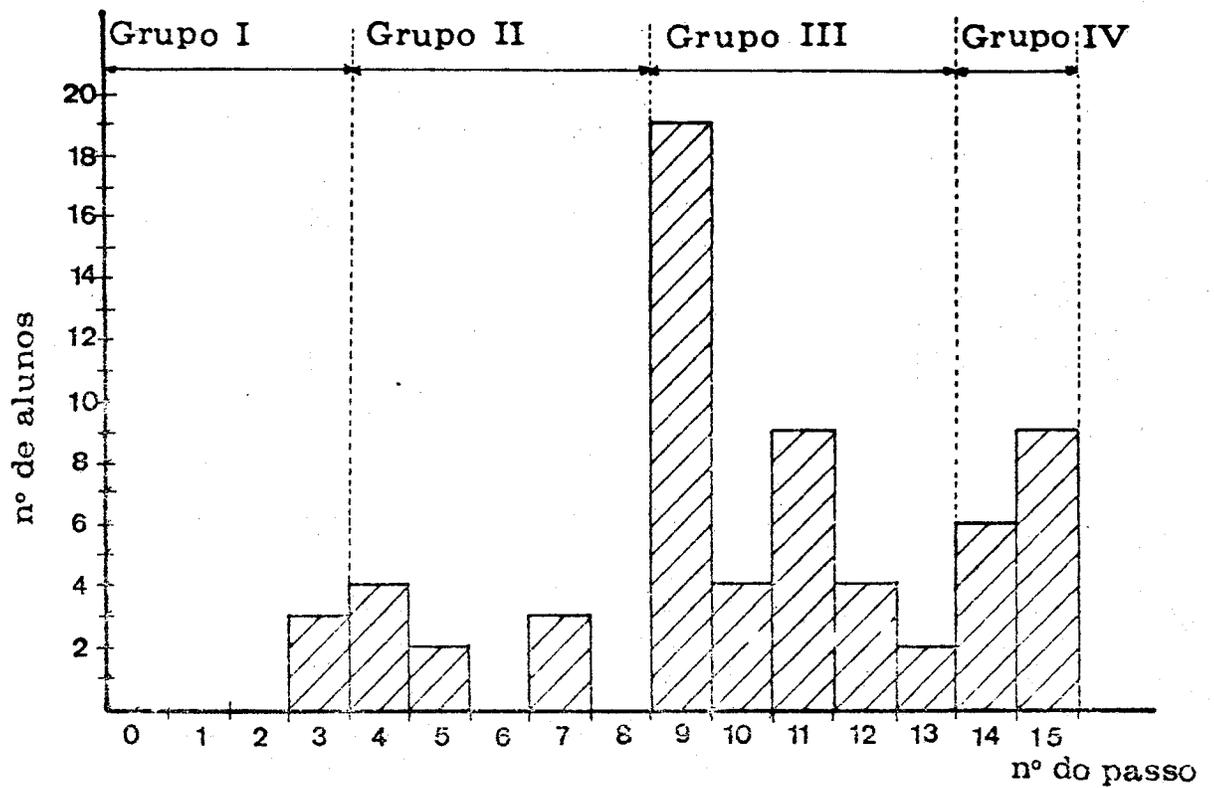


Figura 2

Distribuição de passos concluídos no final do curso de Física 2—

Personalizado

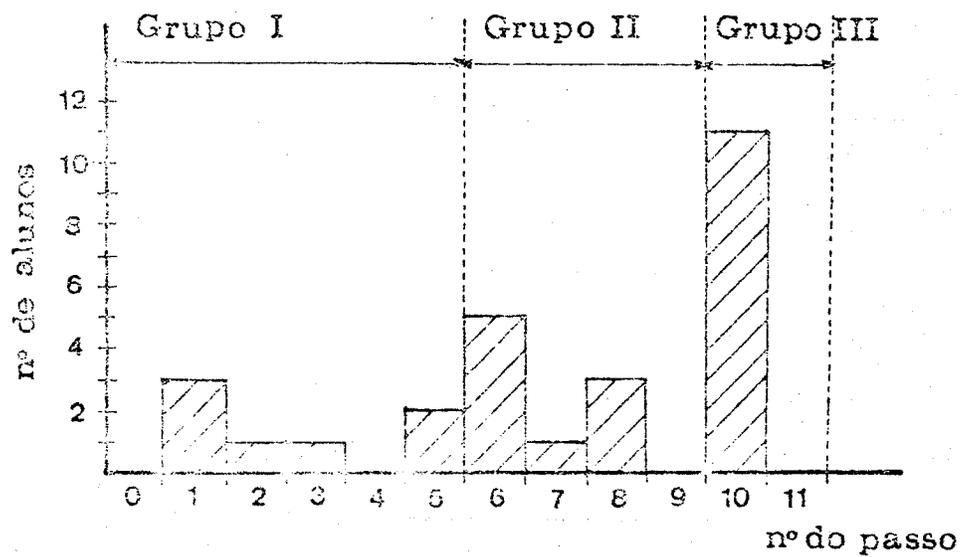


Figura 3

Número médio de avaliações em cada passo do curso de Física 1—

Personalizado

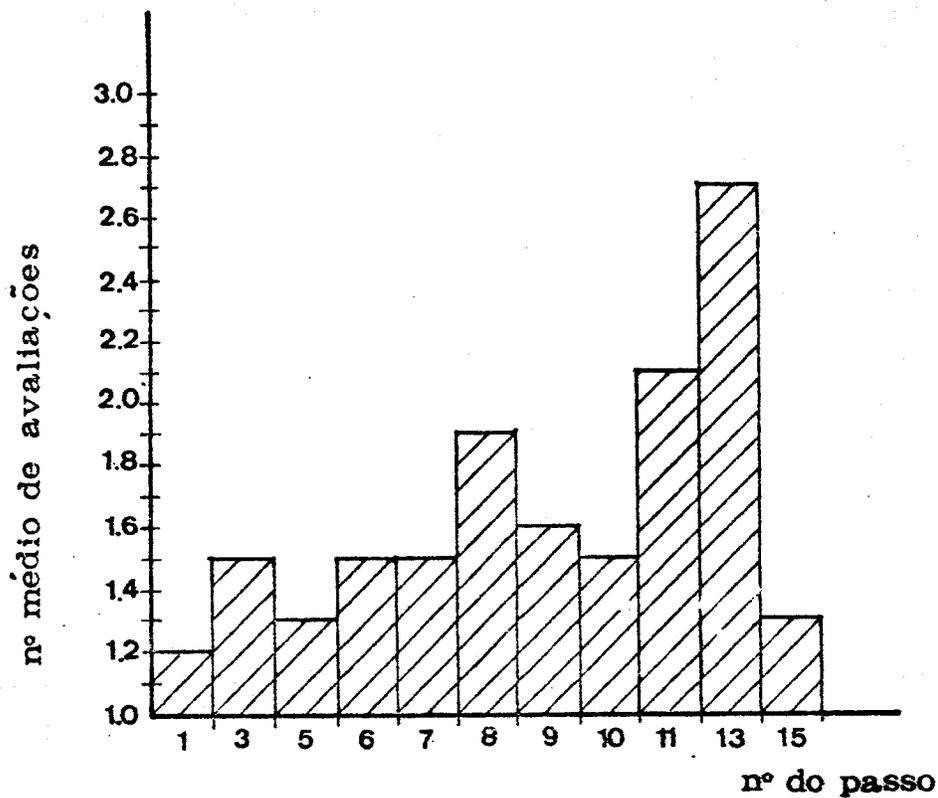


Figura 4.

Número médio de avaliações em cada passo do curso de Física 2—

Personalizado

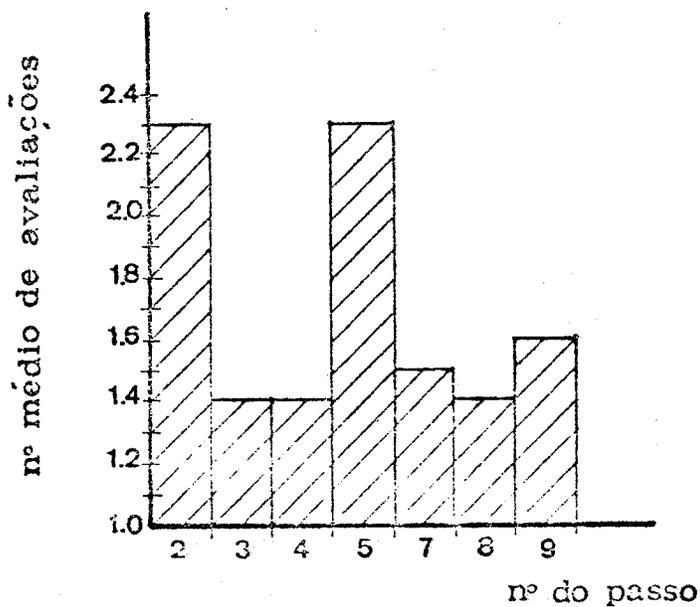


Figura 5

Tempo médio de avaliação de cada passo do curso de Física 1—

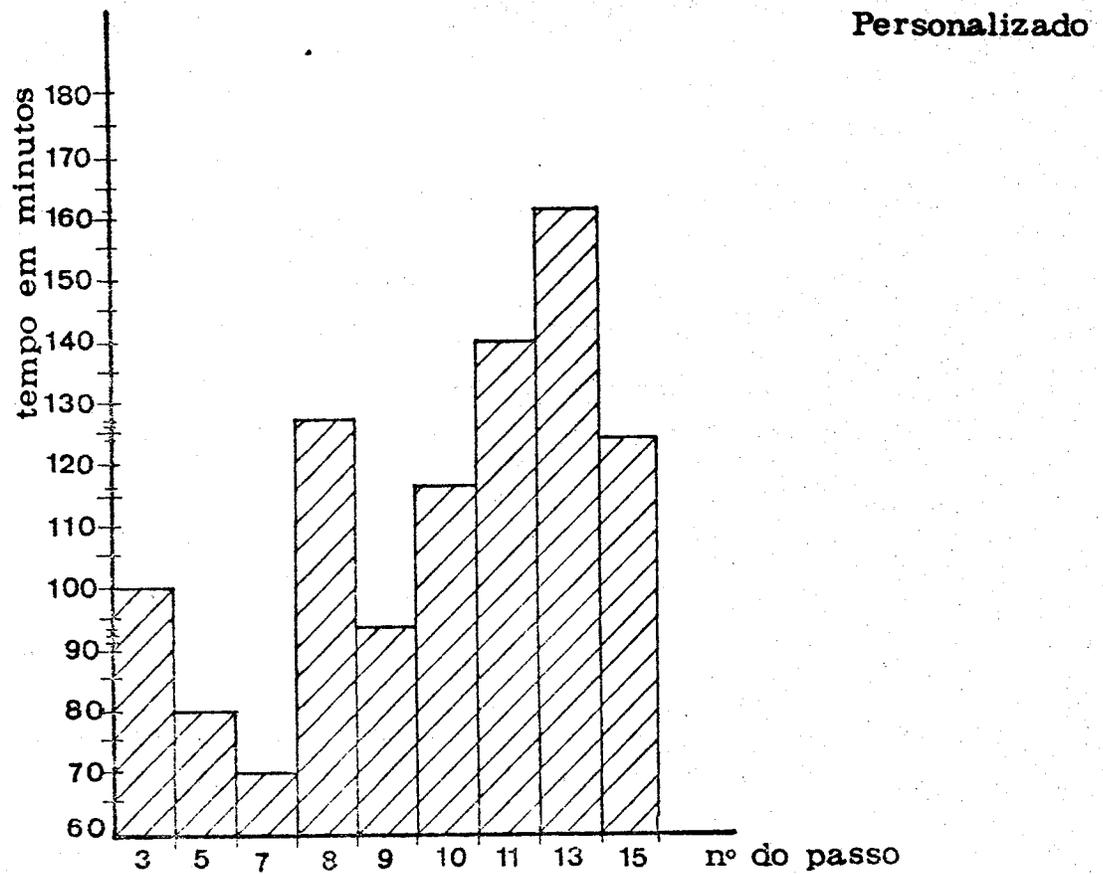


Figura 6

Tempo médio de avaliação de cada passo do curso de Física 2—

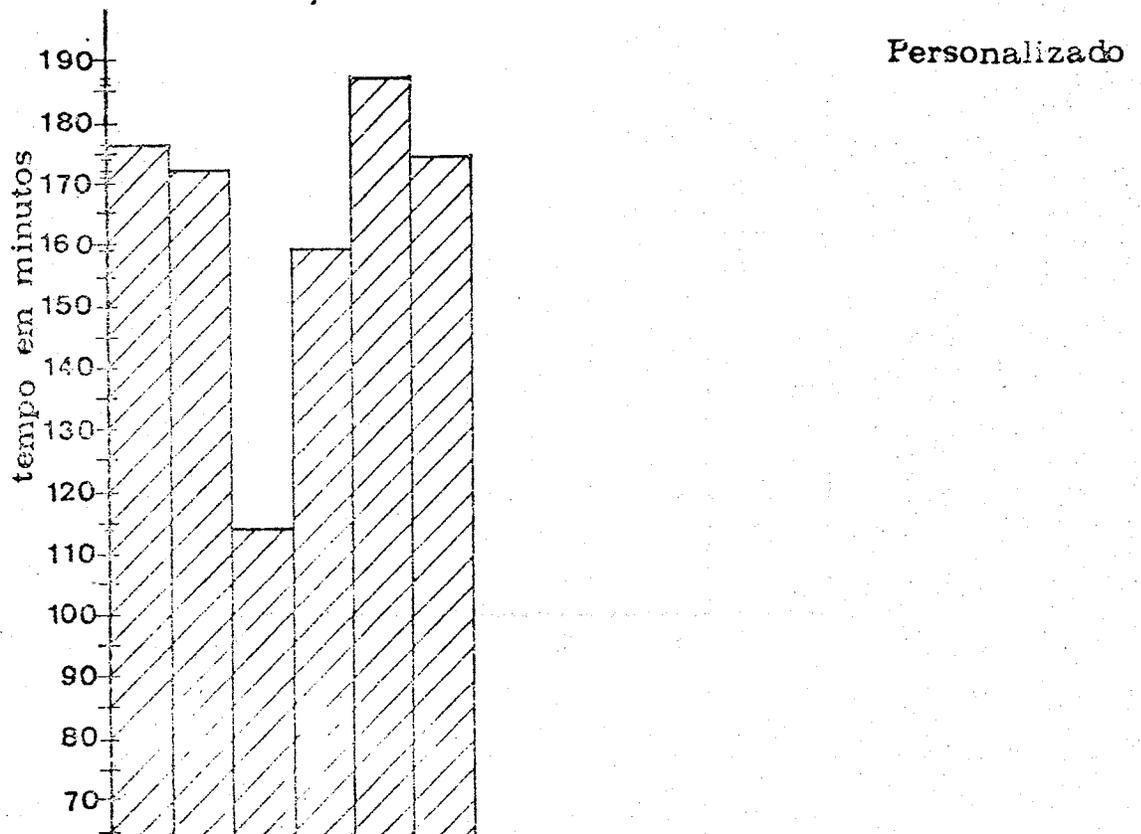


Figura 7

Desvio relativo do número médio de avaliações em cada passo do curso de Física 1 - Personalizado

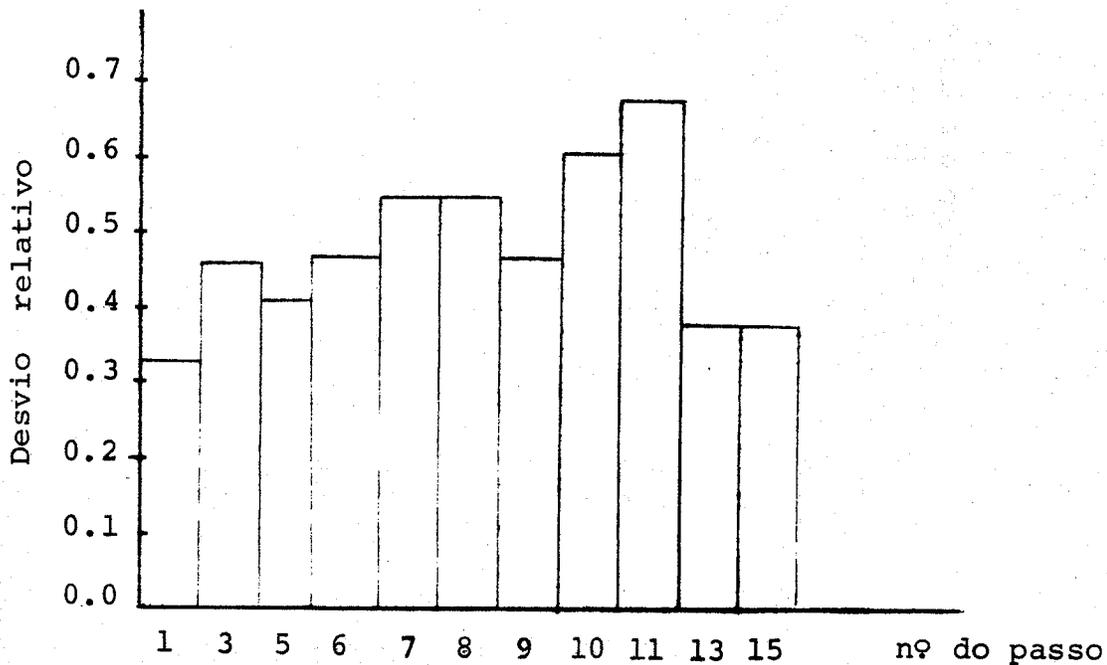


Figura 8

Desvio relativo do número médio de avaliações em cada passo do curso de Física 2 - Personalizado

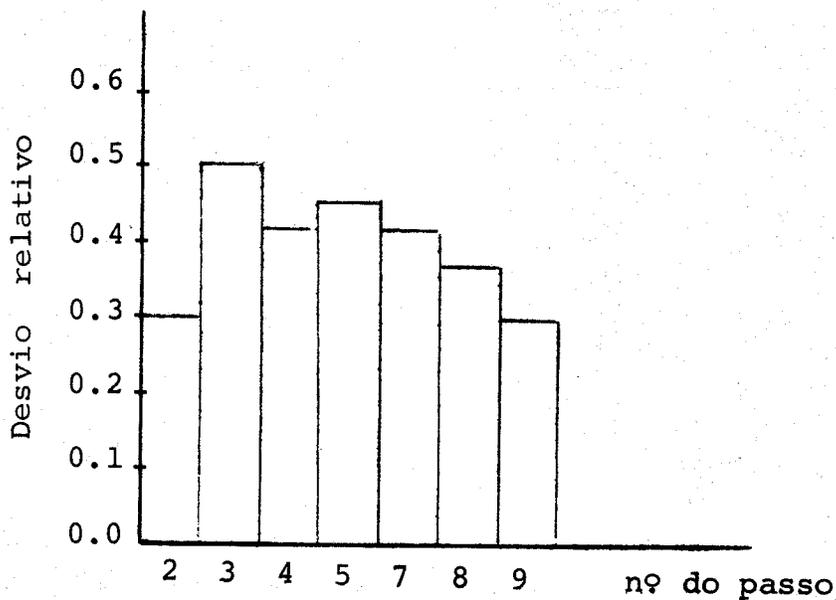


Figura 9

Desvio relativo do tempo médio de avaliação de cada passo do curso de Física 1, - Personalizado

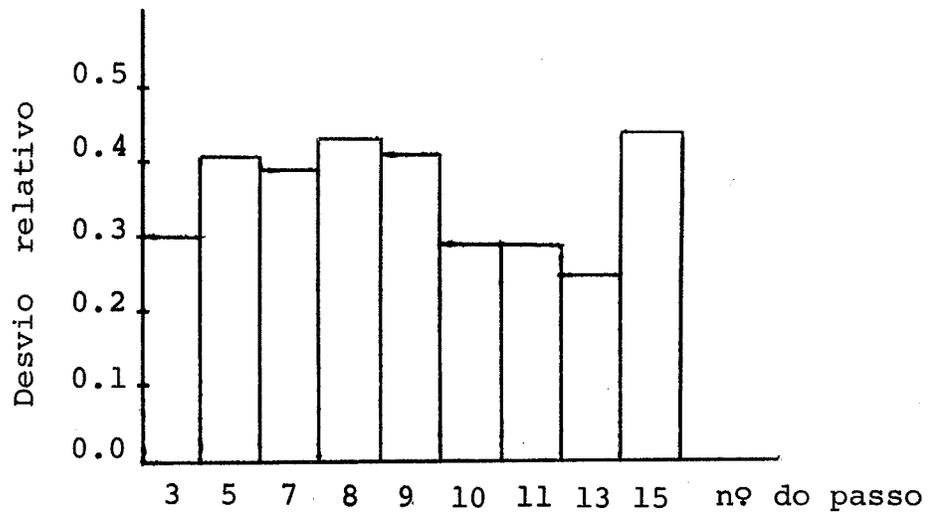
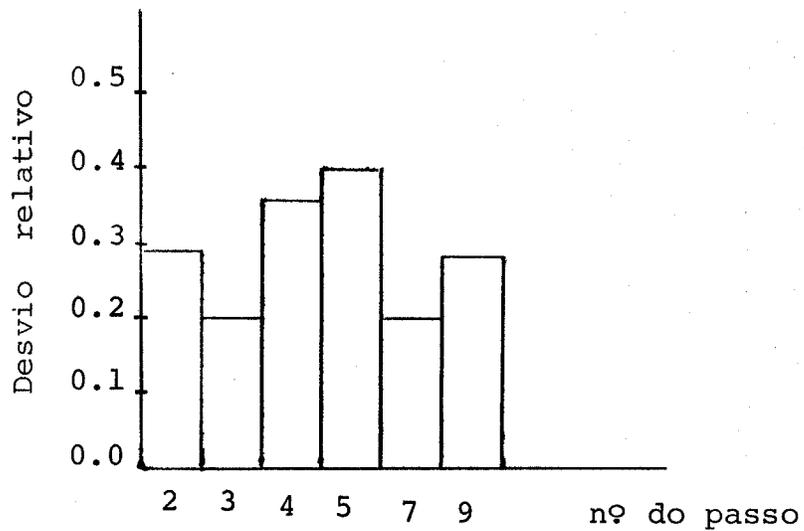


Figura 10

Desvio relativo do tempo médio de avaliação de cada passo do curso de Física 2 - Personalizado



## N O T A S

- (1) Os objetivos dos passos experimentais não foram subdivididos , por exemplo, em blocos como técnicas experimentais e comportamentais intermediários (Bouéres, 1976), nem os dos passos teóricos em técnicas matemáticas e gráficas e comportamentos intermediários. Esperava-se que isto pudesse ser obtido simultaneamente.
- (2) Os livros textos utilizados foram:
 

Resnick, R. e Halliday, D., "Física I". 2.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora. 1973.

Ingard, U. e Kraushaar, W.L., "Introducción a Mecánica, Materia y Ondas". Barcelona, Reverté, 1966.

Feynman, R.P., Leighton, R.B., Sands, M., "Lectures on Physics. ' v.I.: Mainly Mechanics, Radiation and Heat". Reading, Addison-Wesley, 1967.
- (3) O processo de elaboração de um texto desta natureza foi apresentado no III S.N.E.F., em São Paulo (Villani, 1976).
- (4) O tempo dedicado a cada avaliação não era pré-fixado, podendo o aluno demorar quanto quisesse dentro de aproximadamente quatro horas em cada sessão.
- (5) O aluno precisava apresentar e discussão dos dados satisfatória para passar à etapa de relação de relatório a fim de apresentá-lo para discussão; do contrário, podia retornar ou completar os dados ou reelaborar sua discussão.
- (6) O tempo dedicado a cada entrevista era variável dependendo do desempenho do aluno na prova. De qualquer forma, não deveria ultrapassar a meia hora. Consideramos este intervalo suficiente para questionar os alunos nos pontos duvidosos e apontar os eventuais erros.
- (7) Isto, por exemplo, é analisado em detalhe em relação à solução de problemas práticos, na clássica obra de Dunker. (Dunker , 1945).
- (8) "Curso sem aula" é denominado o conjunto de provas que o IFUSP oferece, no semestre seguinte, para os alunos reprovados nas disciplinas de um semestre. Os alunos, submetendo-se a estas

provas, poderão ser aprovados na disciplina.

- (9) Estas características foram apontadas como as mais significativas e as mais eficazes do novo método. (Kulik, 1976).

## REFERÊNCIAS

- Bouéres, L.C.S., Cesar, R.O. e os Monitores do CPT de Física 3-4 (1975), "O Laboratório do Curso Personalizado de Física 3-4 (1975) no IFUSP". III S.N.E.F. São Paulo, 1976. Rev. Bras. Fís., vol. esp. 2, 457 (1976).
- Cesar, R.O., Villani, A., Soares, V.L.L., Matsushigue, L.B.H., Hosoume, Y., "Primeiro Relatório: Curso Personalizado de Física 1". IFUSP-Publicação interna. Julho 1974.
- Dunker, K., "On problem-solving", Psychological Monographs, 1945. (5, whole nº270).
- Keller, F., "Good-bye, teacher...". Journal of Applied, Behavior Analysis, 1, 1968.
- Kulik, J.A., Kulik, C.L.C., Smith, B.B., "Research on the Personalized System of Instruction". P.L.E.T. 13.23 (1976).
- Larkin, J.H., Reif, F., "Analysis and Teaching of General Skill for Studying Scientific Text". J.E.P. 68, 431 (1976).
- Moreira, M.A., "O curso do Sistema de Instrução Personalizada em um curso universitário básico de física durante sete semestres consecutivos". Rev. Bras. Fís. 7, 711 (1977).
- Polya, G., "Como plantear e resolver problemas". México, Ed. Trillas, 1974.
- Ruskin, R.F., e Hess, J.H., "The Personalized System of Instruction in higher education: an annotated review of the literature". Center for Pres. Instr., Georgetown University, 1974.
- Villani, A., e outros, "Análise de um curso de Física 1 e 2 baseado em objetivos comportamentais". III S.N.E.F., São Paulo, 1976. Rev. Bras. Fís. vol. esp. 2, 667 (1976).
- Villani, A., e outros, "Elaboração de um texto: momento angular" Rev. Bras. Fís., vol. esp. 3, 770 (1976).

APÊNDICE 1.a

PROGRAMAÇÃO DO CURSO FEP 101 - PERSONALIZADO

UNIDADE	CONTEÚDO FÍSICO	PASSO	OBJETIVOS COMPORTAMENTAIS
1	Radioatividade	1	-cadeia CA: 1 e 2 -cadeia CIE: 8
		2(laboratório)	-cadeia CIE: 1,2,3,4,7,9,10,11,12 e 13
2	Cinemática	3	-cadeia CA: 1,2,4,5 e 6
		4(laboratório)	-cadeia CIE 1,2,3,4,7,10,11,12,13 14 e 15
3	Dinâmica	5	-cadeia CA: 1,2,3,4 e 5
		6	-cadeia CA: 1,2,3,4 e 5
			-cadeia CIT: 1,2,3,4,5 e 6
		7	-cadeia CA: 6 -cadeia CIT: 7
		8	-cadeia CIT: 1,2,3,4,5,6,7,8,10 e 11
9	-cadeia CIT: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 e 11		
4	Trabalho e Energia	10	-cadeia CA: 1,2,3,4,5 e 6
		11	-cadeia CA: 1,2,3,4,5 e 6
			-cadeia CIT: 7
		12(laboratório)	-cadeia CIE: 1,2,3,4,5,6,7,9,10,11, 12,13 e 14
		13	-cadeia CIT: 1,2,3,4,6,7,8,10 e 11
14(laboratório)	-cadeia CIE: 1,2,3,4,5,7,8,9,11,13 e 14		

UNIDADE	CONTEÚDO FÍSICO	PASSO	OBJETIVOS COMPORTAMENTAIS
5	Mudança de Referencial	15	-cadeia 1,2,3,4,5 e 6 -cadeia CIT 1,2,3,4,5,7,8 e 11
		16	-cadeia CA 1,2,3,4,5 e 6 -cadeia CIT 1,2,3,4,6,7,8 e 11

APÊNDICE 1.b

PROGRAMAÇÃO DO CURSO FEP102 - PERSONALIZADO

UNIDADES	CONTEÚDO FÍSICO	PASSO	OBJETIVOS COMPORTAMENTAIS
1	Erros e medidas	1	- cadeia CA 1,2,3,4,5 e 6 - cadeia CIE 8
2	Dinâmica do corpo rígido	2	- cadeia CA 2,3,4 e 5
		3	- cadeia CIT 11
		4	- cadeia CA 1,4 e 5
		5	- cadeia CIT 6,7,8,10 e 11
		6 (laboratório)	- cadeia CIE 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13.
		7	- cadeia CIT 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 e 11
3	Oscilações	8	- cadeia CA 1,2,3,4 e 5
		9	- cadeia CIT 1,2,3,4,5,6,7,8,10 e 11
		10 (laboratório)	- cadeia CIE 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 13 e 14
4	Teoria cinética dos gases	11 (optativo)	- cadeia CA 1,2,3,4,5 e 6 - cadeia,CIT 4,5,6,7,8,9,10 e 11